

Joonas Silanen
T497SN2

ILMAJOUSITUKSEN JÄLKIASENTAMINEN


Opinnäytetyö
Ajoneuvo ja kuljetustekniikka


Syyskuu 2011



MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU

Mikkeli University of Applied Sciences

 <p>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences</p>		Opinnäytetyön päivämäärä 1.11.2011	
Tekijä(t) Joonas Silanen		Koulutusohjelma ja suuntautuminen Ajoneuvo- ja kuljetustekniikka	
Nimeke Ilmajousituksen jälkiasentaminen			
Tiivistelmä <p>Selvitin työssäni mahdollisuuksia ilmajousituksen jälkiasentamiseen henkilöautoissa. En käsitellyt raskaankaluston ilmajousitusta tässä työssä, vaan keskityin kevyeen kalustoon. Selvitin, millaisia vaihtoehtoja ilmajousituksen toteutukseen on olemassa osavalmistajilla. Vaihtoehdot jakautuvat valmiisiin muutossarjoihin ja itse tehtäviin muutoksiin. Valmissarjat on suunniteltu asennettaviksi suoraan alkuperäisten jousten tilalle. Keskityin vain sellaisiin ilmajousitus muutoksiin, jotka ovat hyväksyttävissä tieliikennekäyttöön Suomessa.</p> <p>Saadakseni käsityksen kuinka ilmajousitus asennetaan käyttämättä valmista muutossarjaa, suunnittelin ja asensin yleismallisista osista toteutetun ilmajousituksen omaan projektautoon. Toteutin projektin oppilaitoksen autolaboratoriossa, jossa oli tarvittavat työvälineet ja tilat projektiin. Kerroin jokaisesta järjestelmään kuuluvasta osasta erikseen kuinka se toimii ja tulee asentaa.</p> <p>Selvitin myös karkeasti, kuinka paljon ilmajousitus-järjestelmät maksavat. Oma projektini oli esimerkki edullisesti toteutetusta ratkaisusta kuitenkin säästämättä väärissä kohdissa. Työn aikana tuli selväksi, ettei ilmajousituksen rakentamiseen ole yhtä ja tiettyä oikeaa vaihtoehtoa. Vaihtoehtoja järjestelmän toteuttamiseen on monia, jotka tulee valita haluttujen ominaisuuksien ja käytettävissä olevan rahan mukaan.</p>			
Asiasanat (avainsanat) Ilmajousitus, muutostarkastus, ilmajousituksen asentaminen			
Sivumäärä 39+ 4 liitettä	Kieli Suomi	URN	
Huomautus (huomautukset liitteistä)			
Ohjaavan opettajan nimi Kari Ehrnrooth		Opinnäytetyön toimeksiantaja	

 MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences		Date of the bachelor's thesis 1.11.2011
Author(s) Joonas Silanen	Degree programme and option Automotive and Transport Engineering	
Name of the bachelor's thesis The air suspension retrofit		
<p>In my thesis I looked into the possibilities of retrofitting air suspension to a passenger car. To find out what options air suspension there is execution component manufacturers. The options are divided into ready-made products and the DIY products. I only focused on the air suspension system changes that are acceptable for use on road in Finland.</p> <p>To get an idea of how the air suspension system can be installed using the construction kit, I designed and installed a universal air suspension of my project car. I carried out the project in a school laboratory, which had the necessary equipment and facilities. I told about each of these parts separately how it works and should be installed.</p> <p>Also analyzed the how much the air suspension systems are paying for. My project was an example of an affordable solution, however, spared the wrong points. During the work it became clear that the air suspension system for the construction and not as a real option. The project shows that air suspension system must be chosen depending in the operational conditions and purpose.</p>		
Subject headings, (keywords) Air suspension, change in inspection, installation of air suspension		
Pages 39	Language English	URN
Remarks, notes on appendices		
Tutor Kari Ehrnrooth	Bachelor's thesis assigned by	

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO.....	1
2 PAINEILMASÄILIÖ.....	1
3 VEDENEROTIN JA PAINEENRAJOITIN.....	4
4 ILMANPAINEMITTARIT.....	5
4.1 Mekaaniset mittarit.....	5
4.2 Sähköiset mittarit.....	6
5 ILMANPAINE LINJASTO.....	6
6 ILMAJOUSITUKSEN OHJAUS.....	9
6.1 Manuaalinen säätö.....	9
6.2 Automaattisesti ohjattu tasonsäätö.....	10
6.2.1 Paineenmukaan säätävä.....	11
6.2.2 Akselin asennonmukaan säätävä.....	12
7 MAGNEETTIVENTTIILIT.....	12
7.1 Magneettiventtiili vaihtoehdot.....	13
7.2 Venttiileiden asennus.....	14
8 ILMAKOMPRESSORI.....	15
9 PAINEKYTKIN.....	17
10 ILMAPALKEET.....	18
11 LAINSÄÄDÄNTÖ.....	20
12 ILMAJOUSITUS PROJEKTI KÄYTÄNNÖSSÄ.....	21
12.1 Perustietoa kohde autosta.....	21
12.2 Paineilmasäiliö.....	22
12.3 Kompressori.....	23
12.4 Vedenerotin.....	25
12.5 Painekeytkin.....	25
12.6 Magneettiventtiilit.....	26
12.7 Ilmapalkeiden ohjaus.....	28
12.8 Ilmanpainemittarit.....	28
12.9 Taka-akselin ilmapalkeet.....	29
12.9.1 Takapalkeiden asennus.....	29
12.9.2 Taka-akselin pohjaanlyöntirajoittimet.....	31

12.10	Etuakselin ilmapalkeet.....	32
12.10.1	Iskunvaimentimien siirto.....	32
12.10.2	Etupalkeiden asennus.....	34
12.11	Ilmaputket jousipalkeille.....	36
13	POHDINTA.....	37
	LÄHTEET.....	39
	LIITTEET	
	1 Projektiauton sähkökaavio	
	2 Projektin kustannukset	
	3 Projektin aikataulu	
	4 Kuvat projektiauton maavaran ääriassennoista	

1 JOHDANTO

Ajatus lähteä tekemään päättötyötä ilmajousituksesta syntyi halusta kokeilla miten se toimii ja kuinka sen voi toteuttaa omatoimisesti. Tavoite oli alusta alkaen rakentaa teorian tueksi omaan henkilöautoon täysilmajousitus, joka tulisi myös saada muutoksastettua. Ennenkuin mitään aloin tarkemmin suunnitella, selvitin Trafín säädöksiä auton rakenteen muuttamisesta. Yleensä ilmajousituksia näkee ainoastaan ns. harrasteautoissa joissa sillä tavoitellaan näyttävyyden nimissä mahdollisimman pientä maavaraa, säilyttäen kuitenkin mahdollisuuden ajaa tiellä säädettävän maavaran ansiosta.

Ilmajousitusjärjestelmät eivät ole henkilöautokäytössä yleistyneet muutamia poikkeuksia lukuunottamatta sarjatuotantoautoissa. Raskaskalustossa viimeiset kaksi vuosikymmentä ne ovat olleet arkipäivää, joissa niiden etu on kuormituksen vaihtelun aiheuttama helppo kantavuuden säätö ja keveys. Ilmajousituksen jälkiasentaminen henkilöautoon on pääosin harrastusluonteista, koska saavutettavia hyötyjä ei ns. arkiajossa juuri ole vaivaan ja hintaan nähden. Oikein suunniteltu ilmajousitus toimii normaalikäytössä kuten perinteinenkin jousitus, lisänä edellä mainitut ominaisuudet ja mahdollisuus pitää auto halutussa asennossa sitä kuormatessa. Nykyisin yksi suosittu asennus aivan tavalliseen arkikäyttöön on asentaa ilmapalkeet apujousiksi avolava tai paketti-autoon, jossa kuljetetaan tilapäisesti raskaampaa kuormaa. Seuraavana on kerrottu komponentti kerrallaan, kuinka osat toimivat, sekä miten ne täytyisi valita ja asentaa.

2 PAINEILMASÄILIÖ

Ilmajousitusta varten paineilmaa on saatava varastoitua, jotta palkeisiin saadaan tarvittaessa lisättyä ilmaa nopeasti. Järjestelmä toimisi myös ilman painesäiliötä, mutta tällöin paineen nosto kestäisi kompressorin tuotosta riippuen kauan aikaa ajokorkeutta muuttaessa. Ilmasäiliö siis kuuluu aina osana ilmajousitusjärjestelmään.

Paineilmasäiliön mitoitukseen ei ole varsinaista tilavuuden laskentaohjetta. Henkilöautokäytössä säiliön tilavuus tehdasvalmisteisissa ilmajousitus paketeissa on

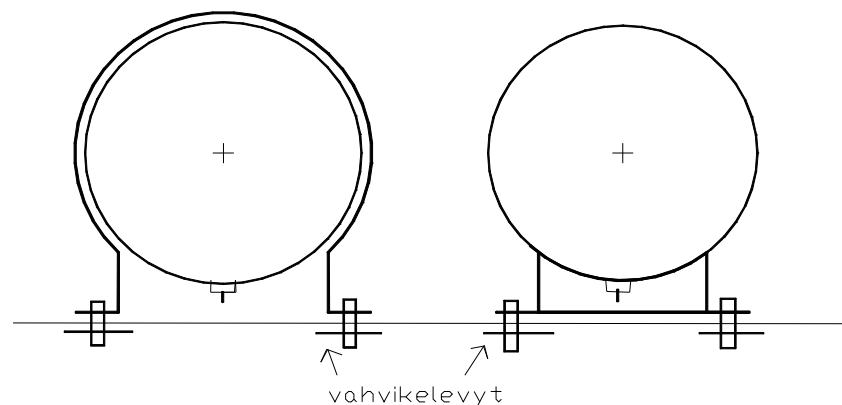
noin 10-25 litraa. Säiliöksi on turha asentaa normaalikäyttöön ylisuurta, esim 100 litran säiliötä, koska se vie tilaa, lisää painoa ja sen täyttäminen vie aikaa paineen laskiessa auton pidempiaikaisessa käyttämättömyydessä. Säiliötä autoon valittaessa on ensiksi päätettävä ja mitattava tila, johon se sijoitetaan ja valittava säiliö sen mukaan. Yleisesti säiliö sijoitetaan auton tavaratilaan, josta on helpointa kytkeä paineilmaletkujen liitännät muille järjestelmän osille, koska myös magneettiventtiilit ja kompressorit yleensä asennetaan tavaratilaan. Säiliön voi asentaa myös auton alle tai istuimien alle, jos ei halua uhrata tavaratilasta kuljetustilaa säiliölle. Yleensä henkilöautoon ei säiliötä kuitenkaan voi asentaa muualle kuin tavaratilaan, koska edellä mainituissa paikoissa sille ei ole riittävästi tilaa.

Säiliön sijoituksessa on vielä otettava huomioon säiliön vedentyhjennysmahdollisuus. Säiliön pohjalla on oltava vedentyhjennysruuvi, jotta säiliöön kondensoituvan ja kompressorin mahdollisesti mukanaan kuljettaman veden saa poistettua määrävälein.

Tavaratilan tai lattian pohjaan on siis jätettävä tilaa tai vaihtoehtoisesti tehdä reikä pohjaan, jotta tyhjennys onnistuu. Viisainta ja käyttöä ajatellen helpointa on kuitenkin tehdä asennus niin, että veden poisto on mahdollista ilman auton alle menemistä.

Paineilmasäiliön hankintaan on monta erilaista vaihtoehtoa. Säiliöitä on saatavilla teräksisenä, alumiinisina, erikokoisina, erilaisilla liittimillä varustettuina ja eri pinnoituksilla. Tärkein on varmistua säiliön fyysisen koon olevan mahdollinen asentaa ajoneuvoon ja paineen keston riittävydestä, joka on ilmoitettu meistämällä tai erillisellä säiliöön kiinnitetyllä kilvellä. Mallikohtaista ilmajousitusarjaa ostaessa mukana tulee lähes poikkeuksetta säiliökin, joten sen hankintaa erikseen ei tarvitse miettiä, ellei halua jostain syystä esimerkiksi isompaa tai erilaista pinnoitusta, kuten kromattua/kiilloitettua pintaa näyttävyyden vuoksi. Terässäiliöt ovat alumiinisiin verrattuna hinnaltaan halvempia, toki tämä riippuu viimeistelypinnoituksesta. Kromattu terässäiliö voi olla kalliimpi kuin alumiininen. Alumiinisäiliön etuina on sen hieman kevyempi paino ja se ruostuu kuten, terässäiliö. Valmis sarjoissa käytetään kumpiakin valmistajasta riippuen. Käyttöön soveltuvan säiliön hinta uutena on noin 100-250 e mallista riippuen./3./

Haluttaessa säiliöksi voi myös soveltaa kuorma-autojen paineilmasäiliötä, tosin tällöin ilmaliitännät eivät välttämättä ole suoraan sopivia. Vaihtoehtoina ovat myös esimerkiksi palosammuttimesta, vesivaraajasta tai mistä tahansa painejärjestelmästä otettu säiliö, jos vain on varmuus sen paineen kestosta. Sovellettaessa muuta kuin varsinaisesti tähän tarkoitettua säiliötä pitää muistaa juuri ilmaliitännät, joiden määrä on viisasta pitää mahdollisemman pienenä. Mikäli ilmaliitantomäädä varten joutuu tekemään paljon sovituksia, voi asennus käydä kalliimmaksi kuin oikean säiliön hankinta, vaikka korvaavan säiliön saisikin hankittua ilmaiseksi tai muuten halvalla. Säiliön voi periaatteessa tehdä myös itse. Tätä vaihtoehtoa ei voi suositella, koska tällöin ei ole mitään takeita säiliön kestosta. Lisäksi valmiin säiliön hinta ei ole niin korkea, että olisi perusteita ryhtyä valmistamaan sitä itse. Tehdastekoiset säiliöt ovat aina varmasti mitoitettu suurella varmuuskertoimella kestäämään suositellun paineen.



KUVA 1. Säiliön kiinnitysmahdollisuudet

Säiliön kiinnitys autoon on tehtävä tarpeeksi vahvaksi, varsinkin jos säiliö on matkustajatilassa, jottei se onnettomuuden sattuessa repeä irti ja aiheuta täten vaaraa. Säiliön kiinnitetään joko erillisillä pannoilla tai säiliöön on itsessään hitsattu kiinnitykset (kuva 1).

Painesäiliön olemassaoloa voi hyödyntää muuhunkin tarkoitukseen. Säiliöön voi asentaa pikaliittimen, josta saa otettua ilmaa normaaleille painetyökaluille. Tämän

avulla renkaantäyttö ja hetkellinen pulttipyssyn, paineilmaporan jne käyttö on mahdollista. Lisäksi säiliöön voi ja on viisasta asentaa täyttöventtiili, samanlainen kuin auton renkaissa. Täyttöventtiilin kautta säiliö on mahdollista täyttää ongelmatilanteessa, jos kompressorin lakkaa toimimasta.

3 VEDENEROTIN JA PAINEENRAJOITIN

Vedenerotin asennetaan kompressorin ja paineilmasäiliön väliin. Sen tehtävänä on estää ilmassa olevan kosteuden pääsy ilmanpainejärjestelmään. Järjestelmässä oleva kosteus saa aikaan jäätymistä talvikäytössä ja venttiileiden ja muiden osien hapettumista ja syöpymistä. Vedenerotinta ei ole pakollista asentaa, joissain valmissarjoissa sitä ei tule mukana. Asennus on kuitenkin suositeltavaa. Hintaa osalla on 30-150 euroa laadusta riippuen. Vedenerottimen asentamisen hyödyt ilmenee pidemmällä aikavälillä. Ilmankin pärjää, mutta vuosien käytön jälkeen vesi voi aiheuttaa toimintahäiriöitä. Erotinkaan ei pysty saamaan kaikkea ilman kosteutta pois paineilmaasta, joten painesäiliön pohjassa tulee olla tyhjennysmahdollisuus. Vedenerottimia on saatavilla pelkkinä vedenerottimina ja malleina, joissa on samassa yhteydessä paineenrajoitin./4./

Paineenrajoittimen asennus ei myöskään ole pakollista, mutta joissain tapauksissa järkevää. Ilmapalkeet eivät yleensä tarvitse niin korkeaa painetta, mitä säiliössä voi paine-kytkimestä riippuen olla. Jousitus, jossa korkeuden säätö toteutetaan automaattisella ohjauksella, ei paineen rajoitin ole niinkään tärkeä varuste muutoin kuin vikatilanteissa. Manuaalisella säädöllä toteuttaessa järjestelmässä paineen rajoittimella voi estää palkeiden tahattoman ylipaineen käyttäjän huolimattomuuden tai osaamattomuuden takia. Ilmajousitusarjoissa paineenrajoitinta ei yleensä käytetä, vaan luotetaan käyttäjän tai automaattisäädön toimintaan. Paineenrajoittimen asennus vaatii ilmanjakotukin asentamista. Rajoitin asennetaan säiliön ja ilmanjakotukin väliin. Joissain ilmajousitusarjoissa on ilmapaljekohtaiset ylipaineventtiilit palkeiden putkistossa, jotka estävät ja päästävät ylipaineen pois säädetyssä raja-arvossa. Paineenrajoittimen asennus on pitkälti riippuvainen muusta järjestelmästä. Mikäli säiliöpaine ei ole kovinkaan suuri suhteessa palkeiden maksikorkeuden vaatimaan paineeseen, ei paineenrajoitinta tarvita.

4 ILMANPAINE MITTARIT

Ajoneuvon käyttöä ajatellen on tarpeellista asentaa tarvittava määrä painemittareita järjestelmän tilan seuraamiseen. Vähintään paineilmasäiliön paineelle on syytä olla mittari koelaudassa. Kuljettajan käyttöön tarvittavien mittareiden määrä riippuu ilmajousitusjärjestelmän ohjauksen toteutuksesta. Mikäli järjestelmän on varustettu automaattisella tasonsäädöllä, ei ilmapiirikohtaista mittaritietoa tarvitse välttämättä tuoda kuljettajan tietoon. Toki tässäkin tapauksessa ei mittaritiedoista haittaa ole, koska ne paljastavat hyvin mahdolliset ilmapuodot tai muut epänormaalit toiminnat. Mikäli tasonsäätö on toteutettu yksinkertaisemmalla manuaalisella ohjauksella, on ilmapiirikohtaisen mittarin asennus koelautaan välttämätöntä auton saamiseksi haluttuun asentoon. Manuaalisäätöisessä järjestelmässä koelautaan on tarve asentaa jokaiselle piirille oma mittarinsa. Mittarivaihtoehtoja on tarjolla runsaasti sekä mekaanisena että sähköisenä versiona. Mittareiden asteikko tulee valita järjestelmään sopivaksi, yleensä 0-8bar, 0-12bar tai 0-16bar. Mittareissa on lähes poikkeuksetta sekä bar- ja psi-asteikko (1bar =14,5psi).

4.1 Mekaaniset mittarit

Mekaanisten mittareiden (kuva 2) etuna on huomattavasti sähköisiä malleja edullisempi hinta. Haittapuolena on tarve vetää paineletkut ilmapiireistä mittareille koelautaan, jotka ovat sähköjohtoja hankalampia asentaa, koska paineletku on halkaisijaltaan suurempi ja sitä ei voi taivuttaa kovinkaan tiukalle mutkalle. Lisäksi mekaanisten mittareiden ilmaputket lisäävät aina ilmapuotojen mahdollisuutta. Mekaanisia mittareita on saatavilla normaaleja yksittäistoimisia ja kahdella neulalla varustettuja. Kaksineulaisista on luettavissa kahden palkeen paine samasta näytöstä, mikä pienentää tarvittavien mittareiden lukumäärää ja näin tilantarvetta koelaudalla.

Mekaanisten mittareiden hintataso on yksitoimisella 10-30e/kpl ja kaksitoimisella 40-60e/kpl, lisäksi tarvittavat ilmaletkut ja liittimet maksavat 20-50e. Mittareille ilman haaroituksen voi tehdä sieltä mistä se on helpointa, mutta yleisin haaroitus paikka on magneettiventtiileiden jälkeen auton tavaratilassa. Edullisissa teollisuusmittareissa ei ole taustavalaistusta, joka haittaa niiden käyttömukavuutta, joka on syytä ottaa

huomioon mittareita valittaessa.



KUVA 2. Mekaaninen mittari



KUVA 3. Digitaalinen mittari

4.2 Sähköiset mittarit

Sähköisellä mittarilla (kuva 3) suurin etu on yksinkertaisempi asennus ja vähäisempi tilan tarve koelaudalla. Digitaalisesta näytöstä saa hyvin selvää pimeässä, mikä on lisäksi tämän mittarityypin etu. Yksi sähköinen mittari voi näyttää viiden eri piirin tiedot samalta näytöltä. Mittarin mukana tulee paineanturit, jotka asennetaan esimerkiksi T-kappaleilla ilmalinjastoihin, kuten mekaanisten mittareiden putket. Mittarin hinta antureineen on noin 300-500 euron paikkeilla, kun saman tiedon antavat viisi mekanista mittaria asennusosineen voi hankkia halvimmillaan alle 100 euron. Mittarityypin valinnasta riippumatta niitä asennettaessa joutuu vaivaa näkemään putkia tai johtoja asentaessa suunnilleen saman verran molemmissa tyypeissä.

5 ILMANPAINELINJASTO

Ilmanpainelinjasto on tärkeää rakentaa huolella. Putkien mitoitus ja materiaalit sekä niiden asennustapa täytyy tehdä oikein turvallisuuden ja käyttömukavuuden vuoksi. Järjestelmä sisältää jopa kymmeniä liitoksia, joiden tulee olla tiiviitä. Liittiminä käytetään puriste- kierre- tai pistoliittimiä. Linjastoa suunniteltaessa ja jo komponentteja valittaessa pitää pyrkiä mahdollisimman vähään liitosten tarpeeseen pitäen ilmavuotojen mahdollisuuden määrä niin pienenä kuin mahdollista.

Kierreltioksissa on syytä käyttää kierreliimaa kierreteipin sijasta, jotta liikkoksista tulee 100% tiiviitä.

Paineilmaputkina käytetään yleensä polyuretaanimuoviputkia, jotka ovat varsin taipuisia (taulukko1), myöskin vastaavia nylonputkia voi käyttää, mutta niiden taivutussäteet ovat miltei puolta suurempia.

TAULUKKO 1. Muoviputkien taivutussäteet

putken ulko halk.	4	6	8	10	12	16
Polyuretaani putki	10	15	20	27	35	90
Nylon putki	15	24	48	60	75	100

Putkien täytyy kestää eri lämpötiloja. Yleisimmin valmistajat ilmoittavat normaalilaatuisissa putkissa käyttölämpötilaksi -20-60C. Putken ilmoitetun maksimikäyttöpaineen tulee olla riittävän korkea, joten mikä tahansa muoviputki ei sovellu järjestelmään. Edellämainittuja muoviputkia käytetään lähes poikkeuksetta ilmajousitusasennuksissa, mutta linjastot voi haluttaessa tehdä metalliputkista. Metalliputkien käyttöön ei ole perusteita, koska muoviputkillä asennus on paljon helpompaa ja valmiita liittimiä ym. asennusosia on monipuolisemmin saatavilla. Toki metallinen putki sietää asennuksen vaikka kuuman pakoputkiston viereen. ja sen mekaaninen kestävyys hankausta vastaan on ylivoimainen. Metalliputkien asennuksessa tarvitaan asianmukaista taivutustyökalua, muuten putki painuu lyttyyn taivuttaessa. Metalliputkillä kierreltymiä käyttäen järjestelmästä on saatavissa 100% tiivis, mutta asennus on erittäin työläs autosta ja asennuspaikasta riippuen muoviputkiin verrattuna./3;4./

Kaikissa tapauksissa ilmajousitusasennuksissa ei selviä pelkillä putkilla, vaan tarvitaan letkuja korin ja liikkuvan pyöränripustuksen välille. Valmiissa automallikohtaisissa sarjoissa nämä tulevat valmiiksi tehtyinä mukana. Näitä kumiletkuja voi myös teettää prässäämällä haluamansa mallisia tai ne voi tehdä itse käyttäen kiristettäviä helmiliitoksia. Letkujen kohdalla pätee samat vaatimukset kuin putkienkin, eli lämpötila ja paineenkesto on otettava huomioon.

Paineilmaputkien halkaisijan määrää osittain autossa käytettävien ilmapalkeiden ja magneettiventtiileiden liitosten koko. Autokäytössä putken halkaisija on luokkaa 6-10 mm. Suuremmat halkaisijat nopeuttavat auton korkeuden muuttamista, muttei nopeaan korkeuden muuttamiseen normaalikäytössä ole mitään tarvetta. Näyttelykäyttöön rakennettavat ajoneuvot on asia erikseen, joihin venttiilit ja linjastot voi rakentaa suurikokoisiksi ja hyvin virtaaviksi nopean toiminnan aikaansaamiseksi. Linjaston voi toteuttaa hyvin pienemmillä putkilla, jolloin niiden asennus on hieman helpompaa ja myös putket ovat edullisempia. Pienet letkuhalkaisijat rauhoittavat palkeiden täyttöä, mikä on tarpeen varsinkin manuaaliohjatussa järjestelmässä./4./

Paineputkien asennus on aina automallikohtaista. Mallikohtaisissa sarjoissakaan ei tule mukana autoon valmiiksi mitoitettuja putkia vaan tarvittavan suuri kela sopivaa putkea. Liitinten rakenne on pääosin sellainen, ettei niiden tekemiseen tarvitse erikoistyökaluja. Ensin asennetaan putki autoon ja katkaistaan sopivaksi. Pistoliittimissä liitin vain työnnetään putken päälle, ja se lukittuu siihen. Liitos on purettavissa vapauttamalla liittimen lukitus. Puristeliittimissä putki työnnetään liittimeen ja kiristysholkilla kiristetään liitos pitäväksi. Liittimiä on saatavilla hydraulikkaliikkeistä hyvin paljon erilaisia, joten tarkoitukseen sopiva liitin löytyy lähes varmasti. Järjestelmää rakentaessa on kuitenkin syytä valita osat niin, ettei erikokoisia putkia tarvitse käyttää. Näin välttyy ylimääräisiltä liitinsovitteiden käytöltä.

Putkien asennus on tehtävä huolella. Putket kiinnitetään koriin niin, etteivät ne pääse värinässä hankautumaan muita osia vasten. Läpiviennit tuulee pehmustaa läpivintikumilla tai vaihtoehtoisesti läpivientiliittimellä, joka ei kuitenkaan ole välttämättä aina paras keino, koska tällöin tulee lisää liitoksia. Auton pohjan alle asennettaviin putkiin on laitettava suojaputkea päälle tai muuta suojaa, jos ne ovat renkaiden heittämillä kiville alttiissa paikassa. Suojaputken käyttö on muutenkin viisasta, koska ilmaputkien seinämä vahvuus on 1-2 mm, joten se ei kestä paljoa kulutusta hangatessaan johonkin osaan. On myös otettava huomioon muoviputkiston pieni muodonmuutos, kun järjestelmä paineistetaan. Asennuksen jälkeen paineistettuna on tarkastettava, ettei putki ota kiinni mihinkään terävään reunaan jne. Ilmaputkea ei saa asentaa kuuman pakoputkiston lähettyville. Pakoputkeen ja

mahdollisiin muihin kuumiin osiin pitää jättää vähintään 10 cm ilmapäli.

Putkien ja liittimien osuus kokonaiskustannuksista ilmajousitusjärjestelmissä ei ole kovin merkittävä, joten kannattaa pyrkiä aina mahdollisemman sopiviin liittimiin, joilla putket kulkevat halutuissa paikoissa oikein.

6 ILMAJOUSITUKSEN OHJAUS

Ilmajousituksen ohjaukseen on kaksi järkevää mahdollisuutta: joko manuaalinen säätö tai elektroniikalla toteutettu automaattinen säätö. Molemmissa tapauksissa ilmalinjasto sekä magneettiventtiilit ovat samanlaisia, mutta magneettiventtiileiden toimintaa ohjataan joko kytkimistä tai säätöyksiköllä.

Ilmajousitteiseen käyttöautoon kannattaa ehdottomasti lisätä automaattinen säätöjärjestelmä käyttömukavuuden vuoksi. Vähemmällä käytöllä olevaan harrasteautoon ei säätöjärjestelmä ole niin välttämätön, toimivassa järjestelmässä ei koko aikaa tarvitse olla säätämässä auton ajokorkeutta kytkimistä. Kolmas vaihtoehto on käyttää mekaanisia pyörän asennon tunnistavia venttiileitä korvaamassa magneettiventtiilit. Tämä vaihtoehto toimii, mutta korkeuden muuttaminen itse halutuksi tarpeenmukaan ei onnistu kätevästi. Mallikohtaisissa sarjoissa tätä ei ole käytetty, ja sähköinen ohjaus on muutenkin viisaampi ja nykyaikaisempi vaihtoehto.

6.1 Manuaalinen säätö

Kuljettajan itse sähkökatkaisimista ohjattavan järjestelmän suurin etu on sen edullisuus ja asennuksen helppous. Huonoja puolia on mainittu jo aiemmin, eli ajokorkeuden säätöä täytyy välillä tehdä, joka jää kuljettajan hoidettavaksi ja kuljettajan täytyy olla ns. aktiivinen, jotta jousitus toimii oikein. Ilmanpaineen ilmajousisissa lasiessa esimerkiksi auton ollessa pidemmän aikaa käyttämättömänä joudutaan jokainen ilmapiiri täyttämään erikseen katkaisijoista. Halutun korkeuden säätöön on painemittareiden asennus pakollista, joiden avulla säätö suoritetaan.

Korkeuden säätö kytkimiksi on ON/OFF/ON-mallinen jousipalautteinen keinu-tai

vipukytkin parhaan mallinen. Kytkimillä ohjataan virtaa magneettiventtiileille nostamaan/alentamaan painetta.

Turvallisuuden kannalta virtalukon ja käyttökytkimien väliin on asennettava lisäkytkin vain kuljettajan hallitsemaan paikkaan. Tällä lisäkytkimellä katkaistaan virransyöttö käyttökytkimiltä, ettei matkustajat tai itse kuljettaja voi vahingossa ajaessa laskea esimerkiksi jotain autonkulmaa alas.



KUVA 4. Kytkinpaketti

Manuaalisesti toteutettu säätö maksaa edullisimmillaan vain joitain kymmeniä euroja kokonaisuudessaan riippuen kytkinten laadusta ja mallista. Valmiita noin 100 e hintaisia kytkinrasioita (kuva 4) on saatavilla, josta ei tarvitse muuta kuin liittää johdot magneettiventtiileille. Virtakytkimiksi on viisasta asentaa jousipalautteiset mallit, jotta kytkin ei vahingossa jää pitämään magneettiventtiiliä auki.

6.2 Automaattisesti ohjattu tasonsäätö

Käytettävyyden kannalta askel parempaan suuntaan on varustaa ilmajousitusjärjestelmä automaattisella tasonsäädöllä. Tällä tavoin ilmajousituksen olemassa olosta ei kuljettajan tarvitse välittää, vaan järjestelmän rakenteesta hieman riippuen ajoneuvo pysyy aina tietyllä korkeudella. Vaihtoehtoisia malleja on paineeseen perustuva ja akselin asentoon perustuva ohjaus (kuva 6). Näistä parempi on akselin asentoa mittaava versio.

Kyseiset järjestelmät on helppo lisätä manuaalisen ohjauksen tilalle, koska ilmaputkisto on samanlainen. Ainoat muutokset valmiiseen manuaaliohjattuun järjestelmään painelinjoissa ovat paineantureiden asennus painetta mittaavassa mallissa, joka onnistuu helposti T-liittimin haaroitettuna.

6.2.1 Paineen mukaan säätävä

Paineen tunnistuksella säätävä ohjaus mittaa painetta jokaisesta piiristä ja säilyttää sen vakiona halutussa arvossa, jotka laitetaan ohjausyksikön muistiin. Laitteeseen on ohjelmoitavissa eri painearvoja, kuten matala, normaali ja korkea alusta. Jokaiseen painepiiriin liitetään sähköinen mittausturvi magneettiventtiiliin ja ilmapalkeen väliseen putkeen. Anturin painetietojen perusteella ohjausyksikkö hoitaa magneettiventtiilin toimintaa.

Järjestelmän huono puoli on, ettei se pidä ajokorkeutta normaalitasolla autoa lastatessa, joten jousitus painuu, kuten normaali perinteinen jousitus. Mikäli ajoneuvoa käytetään tavarankuljetuksessa, vaunun vedossa tai muuten kuormitus vaihtelee, on viisainta hankkia akselin asentoon perustuva säätöjärjestelmä. Paineen mittaava säätöjärjestelmä (kuva 5) maksaa noin 600-800 e.



KUVA 5.

Paineen perusteella säätävä sarja



KUVA 6.

Akselin asennon mukaan säätävä sarja

6.2.2 Akselin asennon mukaan säätävä

Ominaisuuksiltaan parhain säätöjärjestelmä on suoraan akselin asennosta mittaava versio (kuva6). Sen parhain ominaisuus on ajoneuvon kuormasta riippumaton ajokorkeus. Kuorman lisääntyessä ohjataan magneettiventtiiliä lisäämään ilmaa ja näin auton korkeus pysyy vakiona. Mittaus hoidetaan auton koriin kiinnitettävällä potentiometrityyppisellä anturilla. Potentiometrillä liitetään nivelletty tanko pyöräripustukseen. Järjestelmä ei vaadi minkäänlaisia muutoksia ilmanpaine komponentteihin. Asennus on jossain määrin hankalaa riippuen automallista. Potentiometri täytyy kiinnittää pyöräkoteloon. Helpoimmassa tapauksessa suoraan koriin ruuvaamalla, tai mahdollisesti sille täytyy tehdä sopiva kiinnike. Tukivarteen tai akseliin asennetaan mittaustangon vastakappale. Off road-käytössä olevaan ajoneuvoon tämä järjestelmä ei ole suositeltava, koska maastossa ajettaessa voi hentoiset säätökomponentin osat rikkoutua.

Käyttöautoon tämä järjestelmä on huoleton, kuten paineen perusteella säätävän malliin, myös tähän on ohjelmoitavissa eri ajokorkeuksia, joiden muuttaminen käy nappia painamalla. Ominaisuuksiin kuuluu vuodonilmaisin ja automaattinen tason säätö aina kun virrat kytketään päälle. Hintaa järjestelmällä on 1000-1500e valmistajasta ja ostopaikasta riippuen.

7 MAGNEETTIVENTTIILIT

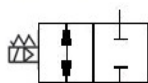
Magneettiventtiileillä säännöstellään ilman kulkua säiliöltä ilmapalkeille ja palkeilta ulkoilmaan. Niiden toimintaa ohjataan sähköän avulla. Venttiilin virtausta ohjataan luistilla, joka avautuu, kun magneettikäämiin kytketään virta. Lepotilassa venttiilistä ei kulje ilma kumpaankaan suuntaan. Valmistajia on runsaasti, koska tämäntyyppisiä venttiileitä käytetään teollisuudessa eri sovelluksiin. Hyvin monet venttiilit sopivat sekä ilmalle että erityyppisille kaasuille.

Ajoneuvokäyttöön valittavassa venttiilissä on otettava huomioon käyttöjännite, teollisuuskäytössä se on 230V tai 48V, mutta autokäyttöön tarvitaan 12 tai 24V jännite. Samoja venttiileitä on usein saatavana eri käyttöjännitteille.

Ilmajousitusjärjestelmää itse rakennettaessa helpoin tapa hankkia venttiilit on ostaa ne niihin erikoistuneelta yritykseltä, jotka myyvät mallia, joka on ajoneuvokäyttöön parhaiten sopivaksi havaittu. Niiden myymät magneettiventtiilit ovat samoja kuin pelkkiä hydraulikka/pneumaatiikkatuotteita myyvien liikkeiden, mutta omien havaintojen perusteella jopa edullisempia. Hinta ero selittyy sillä, että ilmajousitukseen erikoistuneessa liikkeessä on vain muutama erimallinen venttiili, jotka kaikki soveltuvat käytettäväksi ilmajousituksessa, mutta hydraulikkaliikkeissä on venttiileitä saatavilla satoja erilaisia eri käyttökohteisiin, mikä siis lisää varastointikustannuksia./2;4/

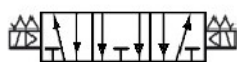
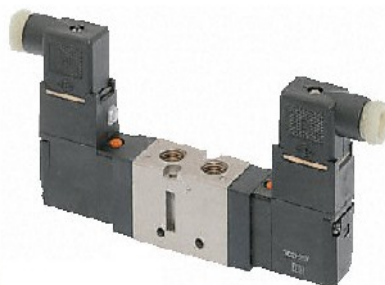
7.1 Magneettiventtiili vaihtoehdot

Järjestelmissä käytetään 2-tai 3-tieventtiileitä, sekä venttiiliyhdistelmiä. Jokaiseen ilmapiiriin tarvitaan lisäys-ja vähennystoiminto. 2-toimisia tarvitaan kaksi kappaletta piiriä kohden (kuva 7). 3-toiminen venttiili toimii samalla periaatteella, näitä venttiileitä tarvitaan vain yksi ilmapiiriä kohden (kuva 8). 3-tiemallisessa venttiilissä on kaksi magneettikämmä, jotka ohjaavat luistia lisäämään tai laskemaan ilmapalkeen painetta virtaa niihin kytkemällä. Alla olevassa kuvassa venttiileiden piirrosmerkit ja esimerkit ulkonäöstä. Pääsääntöisesti ilmapiiri on edullisempi rakentaa kahdella 2-toimisella venttiilillä. Näiden hinnat on 50 euron tuntumassa kappaleelta, 3-toimiset ovat yleensä 100 eurosta ylöspäin.



KUVA 7.

2-tie magneettiventtiili



KUVA 8.

3-tie magneettiventtiili



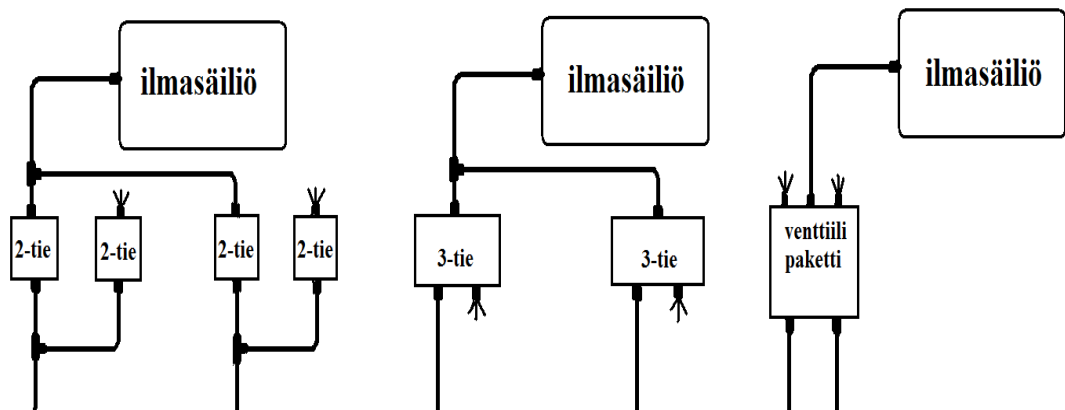
KUVA 9.

Magneettiventtiilipaketti

Ilmajousituskäyttöön on myös saatavilla paketteja, jossa on yksissä kuorissa kaikki venttiilit (kuva 9). Pakettiratkaisulla saadaan edelleen vähennettyä ilmaliitosten tarvetta ja helpotettua asennusta. Huonona puolena venttiilipaketeissa on noin kolmanneksen suurempi hinta, ja jos yksi osa menee rikki, voi koko paketin joutua uusimaan, koska varaosia ei välttämättä ole saatavilla.

7.2 Venttiileiden asennus

Käytettävien magneettiventtiileiden malli määrää liitosten määrän ja asennustavan. Kuvassa 10 on esimerkki yhdelle akselille toteutetusta pyöräkohtaisella piirillä olevasta asennuksesta erilaisilla venttiileillä.



KUVA 10. Erilaisten magneettiventtiileiden kytkentämallit

Tällainen kuvan kymmenen kytkentämalli ei ole ainoa oikea mahdollisuus, koska esimerkiksi ilmaa lisäävät 2-tieventtiilit on mahdollista asentaa suoraan säiliöön kiinni liitäntöjä näin vähentäen. Lisäksi mallissa on käytetty T-haaroittimia. Toinen vaihtoehto on asentaa oma ilmaputki syöttämään ilmaa jokaiselle magneettiventtiilille tai asentaa erillinen ilmanjakotukki. 2-tieventtiilit voi myös kiertää kierteellisillä ristiliittimillä kiinni toisiinsa. Kuvassa ei ole painemittareille haaroituksia, jotka täytyy myös ottaa huomioon. Liitäntä vaihtoehtoja on siis paljon, johon vaikuttaa myös, minne paikkoihin magneettiventtiilit haluaa tai on tilan puolesta mahdollista asentaa.

Paineen lasku ulkoilmaan voidaan hoitaa suoraan venttiilistä, mikäli venttiilit ovat asennettuna tavaratilaan. Auton ulkopuolelle asennettaessa poistoaukon liittimeen on

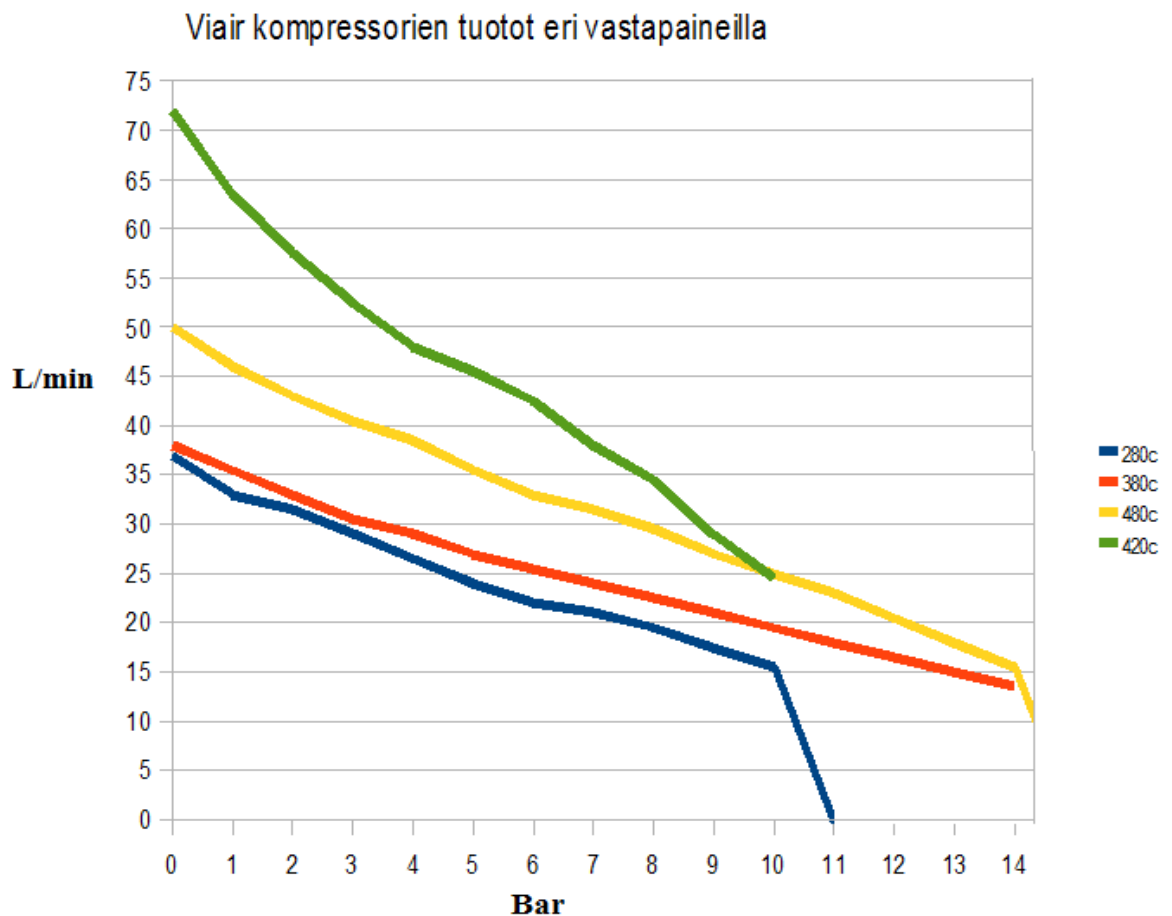
asennettava pätke putkea epäpuhtauksien pääsyn estämiseksi venttiiliin. Lisäksi on huomioitava paineen laskun suoraan ulkoilmaan aiheuttama suurehko melu, jota voi vaimentaa, jos katsoo sen olevan tarpeellista käyttömukavuuden vuoksi. Valmiita pienikokoisia äänenvaimentimia on saatavilla edulliseen hintaan, joka asennetaan suoraan venttiilin poistoaukkoon tai sen putkenpäähän. Äänenvaimentimessa on muotoonpuristettua metallivillaa, joka vaimentaa ääntä tehokkaasti. Äänenvaimentimen voi myös tehdä itse helposti täyttämällä pieni reijitetty pullo vaimenninvillalla ja johtamalla poistoputket sen sisään. Vaimennusvaihtoehtoina voi olla myös sijoittaa venttiilit erilliseen laatikkoon, varapyörän syvennykseen levyn alle, mikäli mahdollisimman vähäistä käytön ääntä pitää tärkeänä ilmajousitus-asennuksessa.

8 ILMAKOMPRESSORI

Ilmajousitettuun ajoneuvoon täytyy asentaa riittävän tehokas kompressori tuottamaan paineistettua ilmaa. Mikäli ilmapalkeet asennetaan vain apujousiksi esimerkiksi pakettiauton taka-akselille, jolla kuljetetaan vain satunnaisesti painavia kuormia, ei kompressoria välttämättä tarvitse. Tässä tapauksessa voi riittää, kun täyttää paineilmasäiliön ennen ajoonlähtöä täyttöventtiilin kautta. Kompressoreina käytetään tarkoitukseen sopivia 12-24V sähkömoottorilla toimivia malleja. Hihnavetoisia kompressoreita on myös saatavilla, joiden tuotto on moninverroin perussähkökompressoria tehokkaampaa. Henkilöautokäytössä ei niin suurelle ilmantuotolle ole tarvetta, jotta hihnavetoisen kompressorin asennus olisi perusteltua. Hihnavetoisen kompressorin asennus on monin verroin hankalampaa, koska sitä sovittaessa täytyy moottorin kylkeen tehdä kiinnikkeet ja teettää sille sopiva hihnapyörä sen pyörittämiseen. Normaaleissa ilmajousitusjärjestelmissä käytetään siis lähes poikkeuksetta sähköisiä kompressoreita.

Ilmajousitusjärjestelmään sopivat kompressorit ovat hintaluokaltaan 200-400 e mallista ja tuotosta (kuva 10) riippuen. Kompressorin valintaan voi vaikuttaa useampi tekijä, kuten melu, tuotto ja hinta. Pieni kompressori on edullisempi, mutta se joutuu pyörimään pidempään, mikä aiheuttaa melua. Kompressorin ääni ei ole kovin suuri, mutta kuultavissa auton ollessa paikoillaan, jollei kompressoria vaimenna erikseen.

Kompressorin kiinnitetään aina kumisten kiinnikkeiden varaan koriin kantautuvien värinöiden estämiseksi. Kompressorin ei saa asentaa pieneen suljettuun tilaan sen jäähdytyksen tarpeen vuoksi. Tavaratilaan voi asentaa äänen vaimentamiseksi laatikon kompressorille, johon on myös järjestettävä ilmanvaihto. Laatikkoon johdetaan kaksi ilmaputkea auton alta, ja toiseen näistä asennetaan pieni tuuletin. Tuuletin kytketään pyörimään samaan aikaan kompressorin kanssa ja mieluiten viiveaikakytkimen avulla minuttin-pari kompressorin sammumisen jälkeen. Kompressorin on toiminnassa vain hetkittäin, joten usein sitä ei ole sen melun vuoksi tarpeen erikseen vaimentaa.



KUVA 10. Ilmamäärän tuotto suhteessa vastapaineeseen (Viair 2011)

Kompressorin ottaa virtaa mallista riippuen yleisimmin 20-30A, joten sille on asennettava riittävän paksuinen virtakaapeli, joka on lasketettavissa alla olevalla kaavalla 1.

$$I \cdot q \cdot l / U \cdot v_l$$

(1)

I = virta, ampeeri

q = kuparijohtimen ominaisvastus= 0,0185

l = johtimen pituus metreinä

U_{vl} = sallittu jännitehäviö= noin 0,5V

Esimerkkinä 25 A ottava kompressorin 4 metrin johdolla: $25 \cdot 0,0185 \cdot 4 / 0,5 =$ on tarvittava johdon pinta-ala 3,7 mm², joten valitaan 4 mm² sähköjohto. Yleisesti 4-6mm sähköjohto on sopiva järjestelmään, kompressorin toimintaa ohjataa releellä, jota säiliön painekeytkin ohjaa. Alimitoitettu sähkökaapeli vastustaa ja pudottaa kompressorille tulevaa jännitettä. Myös sen pinta kuumenee ja voi aiheuttaa siten eristeen sulamis- ja palovaaraan./1;7/

9 PAINEKYTKIN

Painekeytkin (toiselta nimeltään painevahti) ohjailee kompressorin kytkeytymistä. Painekeytkin voi olla rakenteeltaan sähköinen tai mekaaninen. Se kytkee virran kompressorin, kun painesäiliön paine laskee tietyllä alarajalle ja katkaisee virran kun, paine nousee ylempään raja arvoon. Painekeytkin on välttämätön varuste, tosin joissakin kompressoreissa on tämä anturi voi itsessään, jolloin ei välttämättä tarvitse toista anturia.

Painekeytkin asennetaan mieluiten paineilmasäiliöön tai samaan linjaan sen kanssa. Säiliöön asennettuna anturi toimii varmasti oikealla tavalla. Paineilmalinjan jakotukkiin tai vastaavaan asennettuna kompressorin saattaa käynnistyä aina hetkellisesti turhaan ilmapalkeita käytettäessä, koska paine pienitelavuuksissa jakotukissa/paineputkessa laskee silloin hetkellisesti. Painekeytkimiä on saatavilla useita erilaisia, esim. virran kytkentä 7 barissa ja virran pois kytkentä 10 barissa tai virran kytkentä 10 barissa ja pois kytkentä 14 barissa. Anturiksi kannattaa valita suuremman paineen ohjaava malli kompressorin sen salliessa, koska näin saa ilmasäiliöön varastoitua lisää ilmaa täyttämään ilmapalkeita. Kiinteän kytkentäpaineen lisäksi on saatavilla säädettäviä painekeytkimiä. Hintaa kiinteäasteikkoisella anturilla on 20-40 e, ja säädettävä malli on noin kaksi kertaa kalliimpi.

10 ILMAPALKEET

Ilmapalkeet ovat luonnollisesti jousituksen tärkein osa. Edellä mainituilla komponenteilla mahdollistetaan niiden toiminta. Ilmapalkeita on saatavilla hyvin runsaasti erilaisia ja usein niihin on yhdistetty iskunvaimennin. Autoon asennettavan palkeen malli riippuu jousitusrakenteesta ja käytettävissä olevasta tilasta. Palkeiden hinnat kappaleelta alkavat noin 100 e:n tasolta päättyen yli 500 e:n luokkaan, joka sisältää sen yhteyteen sijoitetun iskunvaimentimen. Välimuotona on saatavilla putkilonmallisia palkeita, joiden sisään alkuperäinen iskunvaimennin voidaan sijoittaa (erilaisia malleja kuva 10). Ilmapalkeita on kahta erilaista tyyppiä: makkara ja rullapalje. Näitä molempia käytetään ilmajousituksissa. Makkarapalkeen etuna on sen toiminta myös kulmassa, jota väkisinkin tulee esimerkiksi päällekkäistukivarsien tapauksessa. Makkarapalje voi sallia 30 asteen asennuskulman, kun rullapaljeelle suositeltu maksimi asennuskulma on noin 10 astetta.



KUVA 11.
Makkarapalje



KUVA 12.
Reijällinen rullapalje



KUVA13.
Makkarapalje/vaimennin

Kuvan 11 palkeita voi käyttää asennuksissa, joissa jousi on erikseen asennettu, kuten monesti taka-akselilla tai edessä kolmiotukivarsityyppisissä tuennoissa. Kuvan 12 mallista paljetta käytetään McPherson-tyyppisissä tuennoissa, ja kuvan 13 mallia voi käyttää molemmissa sovelluksissa tilanteen mukaan. Vanhemmissa autoissa ilmapalkeet voi valita itse, mutta vuotta 1993 uudempiin autoihin vaaditaan tuv-

hyväksytty mallikohtainen sarja. Toisin sanoen uudempiin autoihin ei saa sovittaa yleismallisista osista koottua ilmajousitusjärjestelmää laillisesti, vaan on hankittava valmis-sarja. Vanhempiin autoihin hyväksytään palkeet, kunhan ne ovat autokäyttöön soveltuvat ja niille saa valmistaa itse tarvittavat kiinnikkeet (kohdassa lainsäädäntö kerrottu tarkemmin).

Automallikohtaisen asennussarjan hankinnassa on otettava huomioon osien laillisuus Suomessa. Läheskään kaikkia malleja ei ole tuv-hyväksytty, joten ne eivät ole Suomessa tieliikennekelpoisia. Tuv-hyväksytyjen sarjojen hinnat ovat 2500-5000 e välillä ominaisuuksista ja laadusta riippuen. Mallikohtaiset sarjat ovat suunniteltu asennettavaksi pulttaa kiinni periaatteella, joten niiden asennus ei ole normaalia iskunvaimennin/jousiyhdistelmää hankalampi vaihtaa. Halvoissa sarjoissa voi olla ongelmia käyttömukavuuden suhteen, mikäli palkeiden mitoitus ei ole kohdallaan. Parhaissa sarjoissa ilmapaljetta voi säätää korkeussuunnassa, jolloin on saatavissa optimaalinen jäykkyyden ja ajokorkeuden suhde. Itse palkeita valittaessa täytyy tietää auton massa ja sen perusteella valita sopivan kantavuuden omaava palje. Autolla jarruttaessa painopiste siirtyy runsaasti etupään varaan, joka täytyy huomioida. Pienimmätkin (5”) palkeet kantavat yleensä yli 1000 kg, joten henkilöautokäytössä liian pienen palkeen vaaraa ei yleensä ole. Itse palkeita valittaessa hyvä keino on verrata valmissarjojen palkeiden kokoa vastaavan painoisissa autoissa ja mitoittaa palkeet sen mukaan./3;5;6/

Palkeilla ajokorkeutta muuttaessa pitää muistaa myös sen mukanaan tuoma pyöräntulmien muutos. Pyöräntulmat vaihtelee erilaisissa jousitusyypeissä eri lailla. Jäykkä taka-akseli on tämän suhteen helpoin, kun vertaa erillisjousitettuun taka-akseliin, jossa camber-kulma voi muuttua hyvinkin paljon korkeuden muuttuessa. Etuakselilla rakenteesta riippuen pyöräntulmiin tulee muutosta. Palkeiden asentamisen jälkeen on pyöräntulmat säädettävä siinä korkeudessa, jossa autolla on normaali tilanteessa tarkoitus ajaa. Tilanteet, jossa auton haluaa matalaksi tai korkeaksi, ovat yleensä tilapäisiä, eikä niissä tilanteissa kulmat ole läheskään aina optimaaliset ajo-ominaisuuksien ja renkaan kulutuksen suhteen.

11 LAINSÄÄDÄNTÖ

Kuten edellisessä luvussa on mainittu, on ilmajousituksen asentaminen vanhempaan autoon lakipykälien puolesta helpompaa. Uudempiin kuin 1993 valmistettuihin autoihin tarvitaan aina tuv-hyväksytty jousitus paketti, jotta auto täyttää katsastuksessa vaadittavat määräykset. Maavaran suhteen pätee sama sääntö kuin perinteisillä jousilla, eli minimi maavara on 80mm.

Lainauksia Trafín säädöksistä (vuosi 2011):

Muutuskatsastuksessa saadaan hyväksyä auton akseliston tai akseliston osien vaihtaminen mallisarjaan kuuluvaan akselistoon, mallisarjaan tarkoitettuihin akseliston osiin tai akselistotyyppiltään muutoksen kohteena olevaa autoa vastaaviin autoihin tarkoitettuihin akselistorakenteen muutososiin seuraavin edellytyksin:

-autoon vaihdettava akselisto, akseliston osat tai akselistorakenteen muutososat on tarkoitettu akselimassaltaan tai valmistajan sallimalta akselimassaltaan vähintään muutoksen kohteena olevaa autoa vastaavaan autoon;

-Autoon vaihdettavien akseliston osien tai akselistorakenteen muutososien tulee kiinnikkeitä lukuun ottamatta olla tehdasvalmisteisia ja soveltuvia muutoksen kohteena olevassa autossa yleisessä tieliikenteessä käytettäviksi; tarvittaessa asiasta on esitettävä luotettava selvitys;

-akselistosta johtuva raideväli muuttuu korkeintaan 100 mm;

-mahdollisesti tarvittavat uudet tukivarsien tai jousien kiinnikkeet tai akselisto kokonaisuutena on voitava kiinnittää luotettavasti auton runkopalkkeihin tai muihin riittävän lujuuden omaaviin rakenteisiin; ja muutuskatsastuksessa on tarvittaessa esitettävä luotettava selvitys hitsauslisäaineista ja hitsaustyöstä sekä muutettujen rakenteiden ja omavalmisteisten kiinnikkeiden lujuudesta; hitsausseamat on esitettävä viimeistelemättöminä, ellei katsastajan kanssa ole muuta sovittu.

Valmiit tuv-hyväksytyt sarjat ovat suunniteltu niin, ettei auton koriin tai akselistoon tarvitse tehdä rakenteellisia muutoksi. Vanhempiin autoihin jousitusta yleisosista rakentaessa koria saa muokata tekemällä palkeelle asennustilaa ja tukivarsiin kiinnikkeitä, kunhan ne tehdään vähintään alkuperäisen lujuisiksi. Ennen muutokseen

ryhtymistä on viisasta käydä kysymässä ja näyttämässä suunnitellut muutokset katsastuskonttorilla. Rakentelusäännökset muuttuvat lähes vuosittain hieman, joten suunnitellut muutokset on aina tarkistettava ennen työhön ryhtymistä./5;6/

12 ILMAJOUSITUS PROJEKTI KÄYTÄNNÖSSÄ

Toteutin ilmajousituksen asennuksen omistamaani vanhaan henkilöautoon. Valmiita ilmajousitusarjoja ei kyseiseen autoon ollut saatavilla, joten tein projektin yleismallisista osista. Kaikki tarvittavat kiinnikkeet jouduin tekemään mittailujen perusteella itse, koska esimerkkimalleja niistä ei ollut saatavilla. Tässä luvussa on kerrottu aikajärjestyksessä mitä projektiautoon tein. Lähes kaikki asennukset suoritin oppilaitoksen autohallissa, jossa käytettävissä oli tarvittavat työkalut ja nosturit. Auto on muutosten jälkeen luonnollisesti tarkoitus muutoksastaa ilmajousitukselle tieliikenteeseen hyväksyttävästi.

12.1 Perustietoa kohde autosta

Asensin ilmajousitusjärjestelmän käyttö/harrasteautona olevaan Volvo Amazoniin vuosimalliltaan 1970. Järjestelmän suunnittelua aloittaessa tiesin melko tarkkaan, millainen urakka oli edessä työn suhteen palkeita asentaessa. Olin noin kaksi vuotta sitten kunnostanut kohdeauton, jolloin myös purin ja kunnostin jousituksen. Pyöräntuennan ja niihin liittyvät osat oli tällöin irti, ja uusin silloin niiden kumipuslat, osan niveliä ja iskunvaimentimet. Tämän ansiosta ei alustan osissa enää tullut vastaan yllätyksiä, kuten kiinniruostuneita pultteja ja loppuunkuluneita osia, joita olisi joutunut samalla muuten korjaamaan ilmajousituksen asennuksen yhteydessä. Aikaisemman kunnostuksen ansiosta pystyin myös helpommin hahmottelemaan valmiin lopputuloksen mielessäni ilmajousitusprojektin alkua suunnitellessani.

Projektiauton ollessa näin vanha ei E- ja tuv-hyväksynnöistä jousituksessa käytettävien osien suhteen tarvinnut kantaa huolta. Jousituksen kiinnikkeitä sai tehdä melko vapaasti itse, kunhan lujuus on riittävä. Lakiteksti sanoo, että tukivarsien kiinnikkeitä voi muuttaa, mutta tukivarret täytyy olla tehdastekoisia. Muutoksien täytyy olla vähintään alkuperäisen lujuisia, ja tarvittaessa rakenteista on esitettävä luotettava

selvitys. Käytännössä itsemuutetut osat on tehtävä mieluiten alkuperäisiä paksummasta materiaalista ja kaikki hitsausaumat on syytä jättää hiomatta ja peittämättä millään kitillä, jolloin niiden rakenne ja laatu on parhaiten todettavissa katsastuksessa.

Jousitusta alkuun suunnitellessani hain tietoa helpoiten internetistä, josta tietoa löytyy parhaiten tässä asiassa. Tutkin ja katsoin internetistä erilaisia vaihtoehtoja ja kokemuksia, miten mikäkin järjestelmä toimii. Lopulta sain idean millaista jousitusta kannattaa alkaa tarkemmin suunnittelemaan ja toteuttamaan. Tein alustavan hinta arvion tarvittavista osista, jotta näin, onko projektiin varaa lähteä. Lopullinen hinta olikin noin kaksinkertainen suunniteltuun nähden, mihin osasinkin varautua vanhojen kokemusten perusteella eri projekteista.

Keväällä 2011 aloin toteuttaa projektia. Projektin yksi haasteista oli pitää auto ajokuntoisena koko projektin ajan, sillä ainoana käyttöautona sitä ei ollut mahdollisuutta seisottaa rakentelun ajan. Tein jousitusta osio kerrallaan eteenpäin aloittamalla rakentamisen tekemällä painejärjestelmän valmiiksi asti, jonka jälkeen aloin asentaa ilmapalkeita alustaan.

12.2 Paineilmasäiliö

Ensimmäisenä asensin tavaratilaan paineilmasäiliön, jonka sijainti vaikutti myös kaikkien muiden pienempien osien asennukseen tilankäytön suhteen. Hyödynsin projektiini kuorma-auton ilmanpainesäiliötä. Säiliö oli minulla ennestään olemassa, joten päätin käyttää sitä kustannusten säästämiseksi. Lisäksi säiliö oli ulkomitoiltaan juuri sopivanlainen Amazoniin. Säiliön tilavuus on 25 litraa ja siinä on neljä 22x1,5 mm sisäkierrelitääntä. Yksi litäntä on vedenpoistolle, toinen kompressorille, kolmas paineakytkimelle ja neljännestä lähtee järjestelmän käyttöpaine. Säiliöstä tuleva käyttöpaine haarautuu magneettiventtiileille ja painemittarille erillisellä jakotukilla. Vedenpoistovennttiili oli säiliössä valmiina, joten en joutunut sitä erikseen hankkimaan. Puhdistin ja tarkastin vanhan venttiilin, ja se osoittautui täysin käyttökelpoiseksi. Säiliön litännät ovat millikierteisiä ja kaikki ilmajousituksen osat ovat tuumakierteillä. Tämä ei ollut ongelma, koska sopivanlaisia liittimiä on saatavilla.

Tein säiliölle pantamalliset kiinnikkeet 3x25 mm alumiiniprofiilista, jotka tulevat kiinni korin vahvikelevyin asennettuihin pultteihin. Säiliö mahtui tavaratilan etuseinälle taka-akselin päälle, jossa se ei juurikaan pienennä tavaratilaa (kuva 14). Ennen säiliön lopullista asennusta hiekkapuhalsin säiliön ammattikoulun tiloissa ja maalautin sen ammattikoulun automaalauslinjan puolella puolikiiltävällä mustalla.

12.3 Kompressor

Kompressoriksi suunnittelin monta eri vaihtoehtoa, minkälaista kompressoria tulisi käyttää. Eniten valinnassa vaikutti rahankäyttö. Ensimmäinen ajatus oli käyttää kahta pientä renkaantäyttökompessoria, joita saa edullisesti jopa alle 10 e/kpl. Tarkemmin ajateltuna hylkäsin tämän säästöratkaisun, koska niiden tuotto on vaatimatonta ns. oikeisiin kompresseroihin nähden. Lisäksi pienet ja halvat kompressorit olisivat todennäköisesti kuluneet loppuun hyvin nopeasti. Vanhasta ilmastointilaitteen kompressorista muokattu versio oli myös mietinnän alla, koska aihio ja tarvittavat ohjeet muutoksiin oli saatavilla. Tämäntyyppinen ratkaisu olisi ollut tuotoltaan tehokas, mutta hankala ja aikaavievä sovittaa autoon.

Lopulta päädyin suosiolla tarkoitukseen sopivaan 12V sähkökompressoriin, joka tulisi aikaa myöten todennäköisesti edulliseksi. Suomessa yleisimmin myytävällä Vair-merkillä oli useita eri malleja. Hintoja vertaillen hajontaa oli paljon eri liikkeissä. Lopulta ostin isohkon Vair 480 c-mallisen kompressorin tingittynä 245e hintaan (norm 275e, kalliimmassa ostopaikassa jopa 360e). Paketti sisälsi releen, sulakepesän, ilmansuodattimen ja paineletkun 3/8" liitännällä. Valitsin suoraan tehokkaan kompressorin, koska hinta Vair-tuotteilla pienempien ja isompien välillä ei ollut kovinkaan suuri.

Kompressorin asentaminen takakonttiin oli helppoa. Kompressorissa oli valmiit kiinnitysjalat vaimenninkumeineen, joten ainoa tehtävä oli ruuvata se neljällä ruuvilla kiinni koriin. Sopivin sijoituspaikka oli takakontin oikea etukulma, jonne kompressorin takapäättyyn tein 3 mm alumiinilevystä kiinnikkeen ja etupäädyn ruuvasin suoraan koriin (kuva 14).



KUVA 14. Painesäiliö, vedenerotin ja kompressorin paikoilleen asennettuina.

Näin asennettuna kompressorin mukana tullut teräspunosletku, jossa oli valmiina liitin ylettyi säiliöön kiinnitettyyn vedenerotttimeen. Kompressorin mukana tuli myös ilmanpuhdistin, jonka asensin suoraan kompressorin imuaukkoon. Kompressorin virransyöttö kaapeliksi asensin akulta 30A-sulakkeen takaa 4 millimetrineliön kaapelin ja kompressorin viereen sulkevan releen jota säiliössä oleva paineentunnistin ohjaa (kuva 15).



KUVA 15. Kompressorin virtapiirikaavio

Paikoilleen asennettuna kompressorin aiheutti pientä melua, joka kuuluu selvästi matkustamoon auton ollessa sammuksissa. Ajossa kompressorin päällä oloa ei kuule juuri kuin tyhjäkäynnillä. Ajomelu peittää kompressorin äänen, joten lisävaimennusta kompressorille ei tarvitse tehdä tässä tapauksessa.

12.4 Vedenerotin

Vedenerottimeksi valitsin 3/8” liitännöillä olevan, koska kompressorilta tuleva liitin myös 3/8” kokoa. Vedenerottimien hintahaitari oli 20-150e valmistajasta ja laadusta riippuen. Valitsin käytettäväksi 30 e hintaisen mallin, joka toimii tässä käytössä riittävän hyvin. Laadukkaammat ja kalliit ammattikäyttöön tarkoitetut mallit poistavat veden tarkasti, jota tarvitaan mm. maalaustöissä.

Vedenerotin kiinnittyy suoraan ilmasäiliön pätyyn ilman väliputkea. Säiliössä oli 22x1,5 mm kierre, joten tarvitsin väliin kierteen muutosnipan erottimen 3/8 kierteelle sopivaksi. Koska asensin erottimen ilman väliletkua, oli sen oikeanlainen paikoilleen kiristys pystyasentoon hankalaa. Vedenerotin täytyy asentaa suurinpiirtein pystysuoraan ja liitintä kiristettäessä se asettui siihen kohtaan, missä tiivistepinnat kohtasivat, joten jouduin kokeilemaan muutamia eripaksuisia tiiviste-renkaita oikean asennon saavuttamiseksi. Veden tyhjennys on helppoa ruuvia kiertämällä, ja se on hyvin käsillä.

12.5 Painekytkin

Painekytkimeksi valitsin ilmajousituslaitteita asentavan yrityksen suosituksella korkean paineen ylläpitävän version. Kompressorin käynnistyy 11 baarissa ja sammuu 14,5 baarissa. Ilmapalkeille ei tarvitse näin paljon painetta, mutta säiliön kovempi paine toimii hyvänä ilmavarastona.

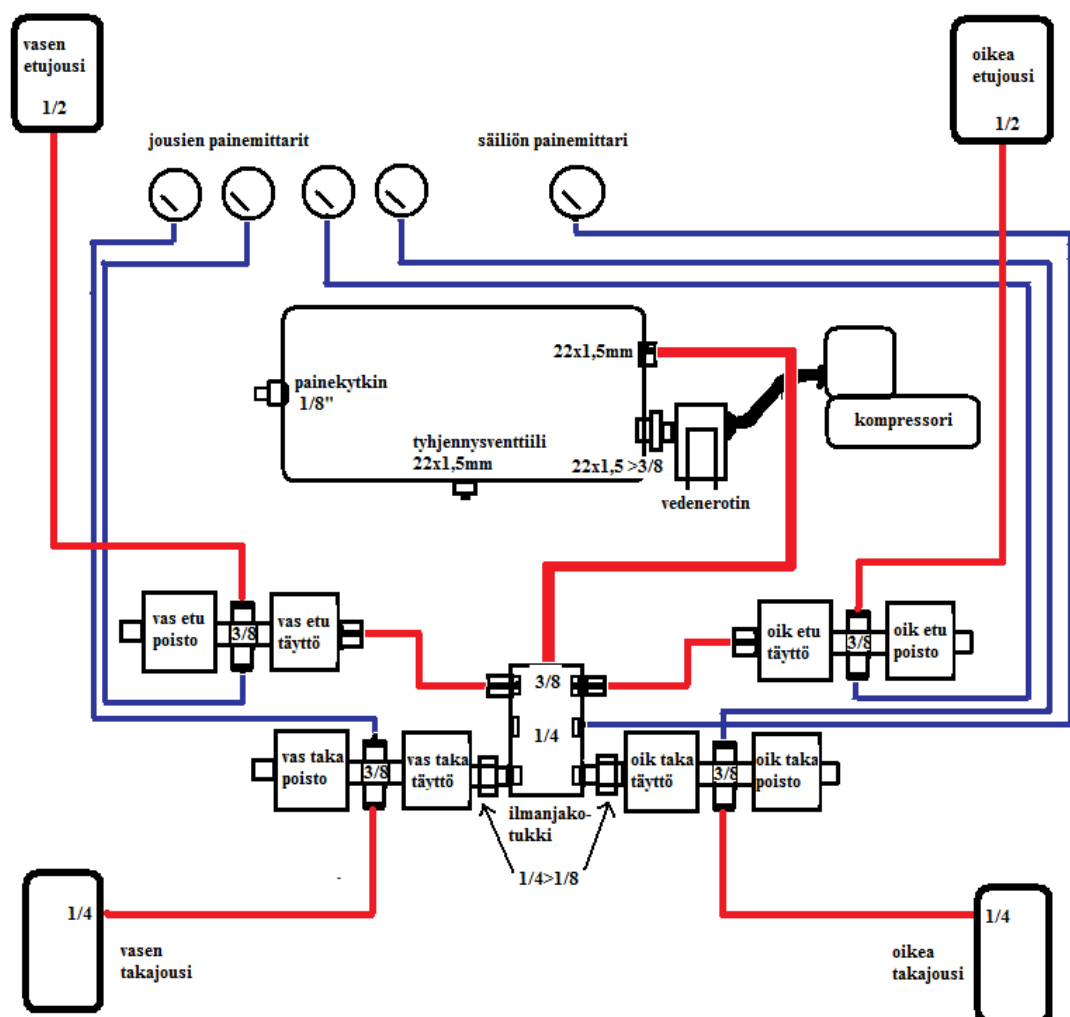


KUVA 16. Painekytkin asennettuna

Paineanturi maksoi tingittynä 17 e, listahintaa anturilla oli 25 e. Anturissa on 1/8” kartimainen putkikierte. Sovitin anturin säiliöön kierteyttämällä itse oikeanlaiset kierteen säiliössä olevaan messinkitulppaan ja tiivistin liitoksen putkikierrerehlimalla (kuva 16).

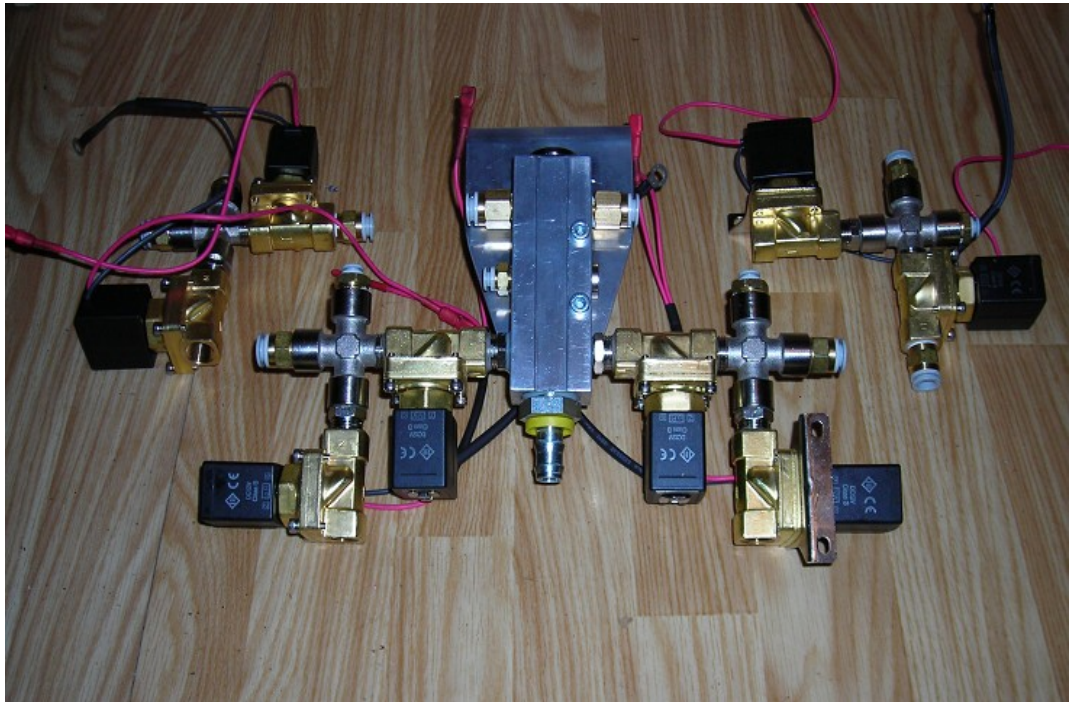
12.6 Magneettiventtiilit

Toteutin projektin 4-piirisenä, koska näin toteutettuna järjestelmä on viisainta ja toimivinta toteuttaa hallittavuuden suhteen. Valitsin magneettiventtiileiksi 2-toimiset on/off-versiot, jotka olivat hieman 3-toimisia edullisempia ja yleisesti käytettyjä ilmajousitusjärjestelmissä. Tarvitsin jokaista piiriä kohden kaksi venttiiliä. Toisesta lisätään ilmaa säiliöstä ja toisesta vähennetään sitä ulkoilmaan (kuva 17).



KUVA 17. Ilmaputket, sinisellä kuvattu mittari-ja punaisella paineputket

Käytin projektiin 8 kpl SMC-merkkisiä 3/8” kierteellä olevia 2-tiemagneettiventtiileitä (kuva 18). Liitäntöjä ja asennustapoja mietin kauan piirtäen paperille erilaisia versioita vaihtoehtoista. Lopullisen kytkentätavan päättettyäni hankin tarvittavat liittimet hydraulikkakeskuksesta. Käytin liitoksissa mahdollisimman paljon kierrelitoksia, jotka voi liittää toisiinsa kierreliman kanssa täysin tiiviisti. Putkien asennuksessa käytin pistoliittimiä. Asensin magneettiventtiilit tavaratilaan ilmanpainesäiliön takapuolelle, joka osoittautui sopivimmaksi ratkaisuksi putkiliitoksia silmälläpitäen. Tarvittavat kiinnikkeet valmistui 3 mm alumiinilevystä, jotka tuli kiinni hattuhyllyn pohjaan.



KUVA 18. Magneettiventtiilit liitettyinä toisiinsa valmiina kiinnitettäväksi autoon

Saatuani magneettiventtiilit asennuttua ja kytkettyä valmiiksi ilmeni niiden asennukseen parannusidea. Ilman lisäys/poisto tapahtui liian nopeasti, eli jousitus liikkui liian nopeasti. Ilmanvirtausta täytyi käyttömukavuuden takia rajoittaa. Lisäksi painetta pois laskettaessa ilmavirta piti myös todella voimakasta ääntä, joka kuului auton sisälle tavaratilan puolelta. Lisäsin poistoveniileille putket, joissa on 2 mm reiällä varustetut kuristinholkkit. Kuristimet hidastavat ilmanvirtausta, joten käyttö helpottui, ja lisäksi ne vähensivät ääntä matkustamoon merkittävästi. Haluttaessa poistoputkiin on vielä helppoa lisätä äänenvaimennin, mutta en koe sitä tarpeelliseksi .

Ilman lisäystä rajoittamaan tuli ilmanjakotukille tulevaan letkuun kuristinholkki, jossa on 2,5 mm ilmareikä. Näin sain muutettua ja hidastettua järjestelmän toimintaa käyttäjäystävälliseksi.

12.7 Ilmapalkeiden ohjaus

Alustan tasonsäädön toteutin manuaalisena. Tässä vaiheessa jäi kustannussyistä automaattinen tasonsäätö pois laskuista. Magneettiventtiileitä ohjataan neljällä on/off/on-mallisella sähkökytkimellä. Valmistin kytkimille 2 mm alumiinilevystä telineen koelaudan alaosaan. Käyttövirta kytkimille tulee virtalukolta, ja väliin on asennettu sulake sekä piilokytkin, jolla katkaisimet voi kytkeä haluttaessa pois käytöstä ajon ajaksi. Kytkimiltä takakonttiin menevät magneettiventtiileille tarvittavat johdot vedin helpoiten moninapaisella kaapelilla. Kaapelin sai kulkemaan helposti ja suojassa kynnyskotelon vieressä lattiamaton alla. Aluksi tarkoitus oli laittaa katkaisimien ja magneettiventtiileiden välille releet, mutta magneettiventtiileiden ottaman vähäisen virran vuoksi jätin releet pois käytöstä (kytkentäkaavio liite 1). Magneettiventtiili ottavat vain vähän virtaa, joten releet olivat täysin turha ajatus manuaalisilla kytkimillä ohjattuna.

Virtakytkimiä hankkiessa tein pienen ajatusvirheen, joka on lähitulevaisuudessa tarkoitus korjata. Nykyiset kytkimet jäävät ylä-tai ala-asentoon. Tarkoitus on vaihtaa tilalle jousipalautteiset kytkimet, joita on helpompi käyttää, eikä kytkin jää vahingossa päälle.

12.8 Ilmanpaine mittarit

Autoon tuli viisi painemittaria, koska jousitus on 4-piirinen ja manuaaliohjattu. Asensin jokaiselle palkeelle oman mittarin, lisäksi ilmasäiliön paineelle oman. Hankin mittareiksi mekaaniset versiot 0-16 bar asteikolla. Sijoitin mittarit koelaudan alaosan telineeseen. Teline on tehty niin, ettei mitään alkuperäisiä rakenteita koelaudassa tarvinnut muuttaa/pilata. Mittareissa on 1/4"-liitännät, joihin on kierretty pistoliittimet 6 mm paineputkille. Ilmaputket asensin koelaudalta takakonttiin kulkemaan pääosin kynnyskotelon sisällä. Suojasin kaikki läpiviennit ja pellinreuna kohdat kumiletkuilla

ja läpivientikumeilla estämään tärinässä aiheutuvaa hankausta ja kulutusta. Asennukseen kului 20 metriä 6 mm polyuretaaniputkea. Merkitsin putket molemmista päistä värikoodeilla niiden tunnistamiseksi. Palkeiden paineen mittausliitännät haaraautuvat magneettiventtiileitä yhdistävistä ristiliittimistä. Ilmasäiliön paineen mittaus on haaroitettu ilmanjakotukista. Teollisuusmalliset mittarit tulivat maksamaan yhteensä vain n. 60 euroa, josta puolet on liittimien ja putkien osuus.

Mittarit ajavat asiansa hyvin, mutta niiden ongelmana on taustavalaistuksen puuttuminen pimeällä ajettaessa, joka tosin oli tiedossa mittareita valittaessa. Tarkoitus on lähiaikoina sovittaa mittareihin LED-taustavalot käyttömukavuuden vuoksi. Kustannussyistä en edes harkinnut moninverroin kalliimpien taustavalaistujen mittareiden hankintaa tässä vaiheessa. Jälkikäteen ajateltuna palkeiden painetta mittaavat mittarit olisi kannattanut valita pienemmällä asteikolla oleviksi. Palkeiden maksimipaineiksi osoittautui noin 6 baaria, joten 0-8 bar-asteikkoiset mittarit olisivat olleet paremmin luettavia ennakkoon hankittujen 0-16bar-asteikkoisten sijaan, mutta nykyisetkin mittarit ajavat asiansa.

12.9 Taka-akselin ilmapalkeet

Amazon on varustettu jäykällä taka-akselilla kierrejousin. Akseli on tuettu neljällä pitkittäistukitangolla ja sivuttain panhard-tangolla. Iskunvaimentimet ovat sijoitettu akseliin erilleen niin, etteivät ne ole kierrejousen sisässä kuten etuakselilla, joten ilmapalkeita asentaessa ei niiden kiinnityksiä tarvinnut muuttaa. Jouset ovat suoraan akselin päällä, joten vipuvarsivoimaa ei ole.

Taka-akselille palkeiden valinta alkoi mittaamalla käytettävissä oleva asennustila. Alkuperäinen kierrejousi on halkaisialtaan 13cm ja sen ympärillä oli melko runsaasti tilaa. Valmistajien kuvastoja selatessa osoittautui 6” (15 cm) halkaisijaltaan oleva rullapalje sopivaksi. Hankin taakse 6” Firestone 9000 malliset palkeet. Niiden minimipituus on 4,5” ja maksimi 12”, joten liikerataa on yhteensä noin 7”.

12.9.1 Takapalkeiden asennus

Valmistin palkeille sopivat kiinnikkeet koriin sekä akseliin. Lähtökohtana kiinnikkeitä

suunniteltaessa oli mahdollisuus palauttaa alkuperäiset jouset tarvittaessa takaisin ilman muutostöitä. Alkuperäisten josten paikalle palkeenasennus ilman itsetehtyjä kiinnikkeitä ei ollut mahdollista. Ilmapalje tarvitsee tasaiset kiinnikelevyt joihin auton massa kohdistuu. Aloitin kiinnikkeiden valmistamisen hahmottelemalla sopivat kiinnikelevyn mitat pahvin avulla. Alkuperäiset jousien kiinnikkeet ja korissa olevat jousituksen kiinnityskohtien materiaalityyppi on 2-3 millimetriä. Varmistuakseni, että omatekoiset kiinnikkeet olisivat vähintään alkuperäisen vahvuiset tai vahvemmat, tein kaikki kiinnikkeet paksummasta levyä. Mittailujen perusteella leikkautin sopivat ahiopalat 4 millin teräslevystä.



KUVA 19. Taka-akselin muutokset valmiina

Palkeiden alapäihin tein 26x12 cm paloista sopivanlaiset kiinnikkeet (kuva 19). Tarvittavat taivutukset sai tehtyä ruuvipenkissä induktiokuumentimen avulla taitoskohta punahehkuun kuumentamalla. Ennen hitsaamista puhdistin akselista hitsattavat pinnat ja tein kiinnikkeisiin viisteet. Hitsasin akselin kiinnikkeet muutamilla lyhyellä noin 10 mm saumoilla kiinni akseliin. Täyden sauman hitsaus on turhaa, koska kiinnikkeitä ei rasiteta juuri mihinkään muuhun suuntaan kuin alaspäin,

johon kiinnike nojaa akseliaputkea vasten. Toisekseen runsaasti akselin yhdelle puolelle hitsattaessa voi lämpö vääntää akselia hieman kiero.

Kiinnikelevy on noin 20 mm nostettuna akseliputkesta, jotta palkeen kiinnityspultin saa paikoilleen levyn ja akselin välistä. Samaan kiinnitysreikään voi laittaa alkuperäisen kierrejousen alakiinnikkeen autoa alkuperäiseksi haluttaessa. Ainoa ero alkuperäiseen tulisi olemaan noin 20 mm korkeampi ajoasento alkuperäisillä kierrejousilla.

Jousen yläpään levyjen toteutus ei onnistunut ensimmäisellä yrittämällä ja suunnitelmalla. Aluksi suunnittelin kiinnityksen liian alas, jolloin joustovaraa ei olisikaan tullut riittävästi. Huomasin virheen vasta, kun kiinnike oli lähes valmis. Tein uuden suunnitelman asentaa ylälevy noin 5cm korkeammalle korissa olevan pohjaanlyöntikumen kiinnikkeeseen. Tällä tavoin ylälevyn tekeminen olikin hyvin helppo ja nopea toimenpide. Ilmaletkun asennus ja ilmapalkeen kiinnityspulttien kiristys taas vaikeutui huomattavasti alkuperäiseen suunnitelmaan verrattuna. Liittimen asennustila pieneni suunnitellusta ja palkeen yläpään kiinnityspulttien kiristys aiheutti ongelmia. Ratkaisuna tein koriin reiät, joiden kautta kiinnitys on mahdollista. Aluksi tein palkeiden sovituksen ja kiinnikelevyt vain vasemmalle puolelle. Tässä meni aikaa 4-6 päivää riippuen, laskeeko suunnittelun ja vai pelkän osien työstämisen. Kun kaikkien osien ja muutosten mitat oli selvillä, tein vastaavat työt oikealle puolelle, jossa aikaa meni vain murto-osa.

12.9.2 Taka-akselin pohjaanlyöntirajoittimet

Jousituksen tarvitsemat pohjaanlyöntikumit jouduin rakentamaan uusiksi. Alunperin ne ovat sijoitettu kierrejousen sisälle, joten alkuperäiset kumit joutui poistamaan käytöstä. Kun olin tehnyt kiinnikkeet palkeille ja mitannut jousituksen liikeradan rupesin tekemään sopivia kiinnikkeitä näille. Pohjaanlyöntikumien vastekohdan akselissa otin jo huomioon palkeiden alakiinnikkeitä tehdessä, joten akseliin ei enää tarvinnut tehdä muutoksia. Koriin piti suunnitella ja valmistaa sopivat kiinnikkeet pohjaanlyöntikumeille. Tärkeintä oli varmistaa niiden tukevuus.

Tein uudet kiinnikkeet 40x20x2 mm putkesta. Hitsasin kiinnikkeen ulomman pään

kiinni jousitornin vahvikepeltiin ja sisempään tein pulttiliitoksen iskunvaimentimen vahvikepeltiin liittäen (kuva 19). Pohjaanlyöntikumeiksi tuli uudet alkuperäisiä vastaavat mallit. Koriin ja akseliin tehdyt kiinnikkeet mitoitin niin, etteivät hankitut pohjaanlyöntikumet tarkoituksella olleet niihin suoraan sopivat. Väliin jäi säätövaraa, jos jousitusta myöhemmin muuttaa erilaiseksi. Nykyisillä ilmapalkeilla yläkiinnikkeen ja pohjaanlyöntikumen väliin tarvitsi 8 cm välikappaleen. Tein välikappaleen putkesta, johon hitsasin laipat ja kiinnityspultin yläosaan ja mutterin alaosaan. Tarpeen vaatiessa tällainen pulttiliitoksinen välikappale on helppo vaihtaa eripituiseen. Nykyinen 8 cm välikappale on mitoitettu varman päälle näin alkuvaiheessa, kun ei ollut tietoa paljonko, pohjaanlyöntikumi antaa periksi. Näin varmistui, ettei palkeen liikevara missään tilanteessa pääse lyömään pohjaan mahdollisesti rikkoen sen. Tarkoitus on tehdä uudet 2-3 cm lyhyemmät rajoittimet lähiaikoina, koska liikevaraa siihen on ajokokemuksien perusteella. Säädetävät rajoittimet tulevat olemaan todennäköinen ratkaisu. Ne on helppo toteuttaa sorvaamalla kierre kahteen eripaksuiseen putkeen ja hitsata niiden päihin laipat.

12.10 Etuakselin ilmapalkeet

Amazonissa on edessä päällekkäiset kolmiotukivarret kierrejousin. Kierrejousi on alatukivarren ja etupalkin välissä. Iskunvaimentimet ovat sijoitettu kierrejousen sisäpuolelle, jotka jouduin siirtämään ilmapalkeen tieltä tukivarsien sivuun. Iskunvaimentimien siirtäminen ei olisi ollut aivan välttämätön toimenpide, koska saatavilla on myös ilmapalkeita, joissa on keskellä reikä juurikin iskunvaimenninta varten. Reiällisten palkeiden hinta verrattuna perusmallisiin on 2-3-kertainen, joten katsoin kannattavimmaksi tehdä iskunvaimentimille uudet kiinnikkeet, joiden tekeminen ei ollut kovinkaan hankalaa. Etujousituksen pohjaanlyöntikumet oli sijoitettu niin, ettei niiden muutoksiin ollut tarvetta, niin kuin takajousituksessa. Hankin eteen halkaisijaltaan 5,5” olevat makkarapalkeet, jotka olivat ulkomitoiltaan sopivat. Tilaa yhtään isommille ei ollut.

12.9.1 Iskunvaimentimien siirto

Ensimmäinen rakennuskohde etujousituksessa oli valmistaa sopivanlaiset kiinnikkeet iskunvaimentimille ja vasta tämän jälkeen alkaa ryhtyä sovittamaan ilmapalkeita.

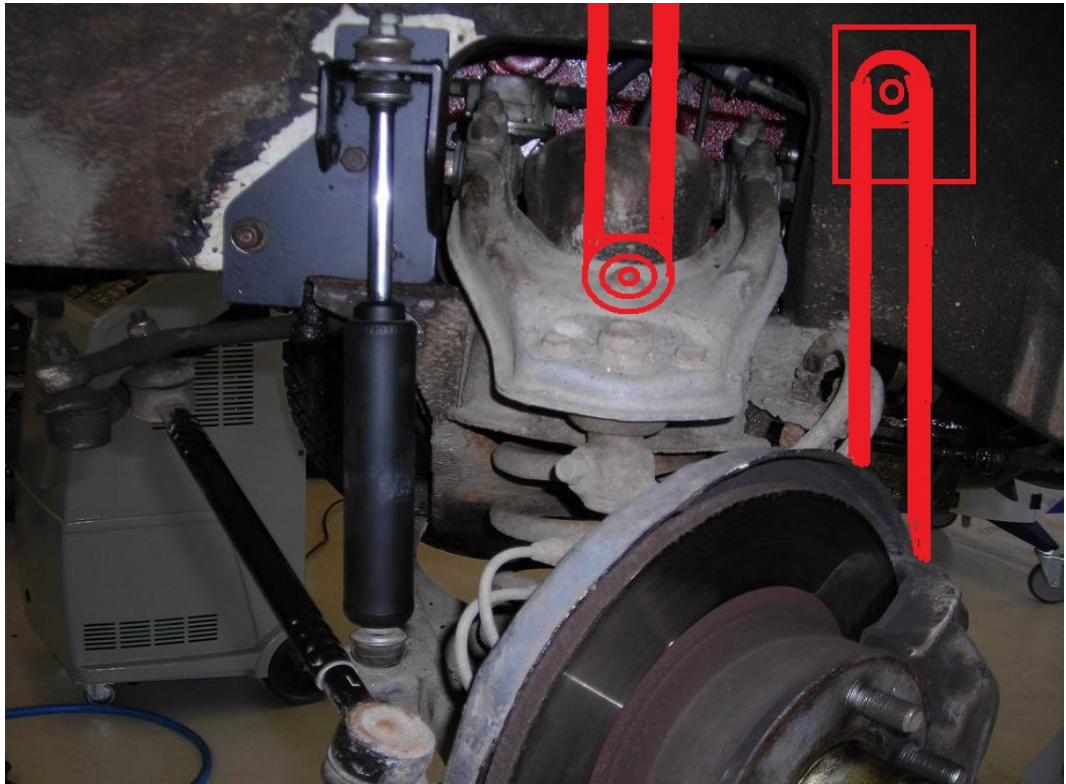
Iskunvaimentimien siirtoon oli kolme eri mahdollisuutta, joko tukivarsien etu tai takapuolelle tai ylätukivarren päälle. Etupuolelle asennus oli helpointa ja nopeinta, koska iskunvaimentimen alapään saisi kiinni alatukivarren kallistuksenvaimentimen kiinnikkeeseen suoraan ja yläpään kiinnitykseen pitäisi tehdä vain kiinnike, jonka saisi helposti pulteilla kiinni ohjaussimpukan vahvoihin kiinnityskohtiin korissa. Haittapuolena etupuolella asennettaessa on kallistuksenvakaimen pois jättäminen iskunvaimentimen tieltä, joka on pakollinen varuste katsastusta silmälläpitäen.

Tukivarsien takapuolelle iskunvaimentimien asennus olisi huomattavasti hankalampaa, koska tukivarteen pitäisi tehdä kiinnike ja jarruputkien paikkaa siirtää ne uusiksi tekemällä. Myös jarrusatula pienentää asennustilaa ja lisäksi yläpään kiinnitykseen joutuisi tekemään vahvistukset koriin. Ylätukivarren päälle asennus olisi vaatinut sisälokasuojiin korotukset iskunvaimentimen kohdalle, niiden valmistamisen, hitsaamisen auton koriin ja maalaamisen. Koska en halunnut muuttaa auton koria näkyvästi, hylkäsin tämän vaihtoehdon, vaikka ratkaisuna se olisin ollut hyvin toimiva ja suhteellisen helppo toteuttaa.

Projektissa päädyin asentamaan iskunvaimentimet tukivarsien etupuolelle. Näin pääsee testaamaan ilmapalkeita käytännössä helposti. Päätöstä puolsi se, ettei kallistuksen vakaimen poistolla ollut juurikaan vaikutusta ajo-ominaisuuksiin, vaikka niin voisi olettaa. Lopulliseen versioon vakain tulee paikoilleen ja iskunvaimentimet siirrän tukivarsien takapuolelle tai sovitan erilaisen vakaimen paremmalla ajalla, jotta auto on kaikki lakipykälät täyttävä.

Tein iskunvaimentimille yläkiinnikkeet 4 mm teräslevystä, jotka pultattu edellä mainitusti kiinni ohjauslaitteiden vahvoihin kiinnityskohtiin korissa (kuva 20).

Iskunvaimentimien kiinnityskorkeus on 3 cm korkeammalla kuin alkuperäisten kiinnikkeiden, jotta auton saa tarvittaessa matalaksi, ilman iskunvaimentimien pohjaamista. Tein iskunvaimentimien kiinnikkeistä liioitellun tukevat, jotta omatekoisina osina niiden kestävyyttä ei tarvitse epäillä autoa muutoskatsastaessa, koska samat kiinnikkeet voi soveltaa myös tukivarren takapuolelle myöhemmin.



KUVA 20. Iskunvaimentimen kiinnike valmiina ja vaihtoehtoiset kiinnityskohdat

12.10.2 Etupalkeiden asennus

Palkeiden asennus alkoi takapalkeiden mitoitusongelmista oppien tarkemmalla asennuskohdan suunnittelulla. Etupalkeiden korkeus alkuperäiseen kierrejouseen verrattuna oli noin puolta lyhyempi, joten asennuskohdan suhteen ei ollut samanlaisia tilaongelmia, kuten takana. Lopulta palkeen asennus olikin oletettua helpompaa, koska koriin tai tukivarteen ei tarvinnut hitsata mitään kiinnikkeitä. Kiinnityksen sai tehtyä pulttiliitoksin tukevaan kohtaan etupalkkia ja tukivarren alkuperäisen kierrejousen kiinnityskohtaan. Mittasin palkeelle sopivan kiinnityskorkeuden, jossa joustovaraa normaalissa korkeudessa on kumpaankin suuntaan riittävästi.

Valmistin palkeiden yläpäihin 4 mm teräslevystä kiinnikkeen, jonka tekeminen onnistui yhdestä palasta pienen taivutuksen avulla. Levy kiinnittyy kahdella M8- ja neljällä M6-pultilla etupalkkiin, johon levy nojaa tukevasti alhaaltapäin laajalta alalta. Tein levyyn palkeenkiinnitys reiät ja isomman reiän ilmaliitännälle. Ilmaputken asennus oli helppoa, koska palkeen yläpuolella on runsaasti tilaa käytettävissä.

Palkeen alakiinnityksen tukivarteen tein kahdella levyllä, joiden väliin hitsasin tarvittavan noin 3 cm korokekappale. Alaosan levyn pulttasin kiinni tukivarteen ja sen ylemmään osaan tein kiinnikereijät palkeeseen. Alalevyn alaosaan tein ison reiän palkeen pulttien kiinnittämistä varten ja hitsasin siihen mutterit levyn kiinnittämiseksi tukivarteen (kuva21).



KUVA 21. Etupalkeiden omatekoiset kiinnityslevyt

Palkeiden kiinnikkeiden valmistus oli suhteellisen helppo toimenpide, mutta tämän lisäksi etupalkkiin piti tehdä lisää tilaa, koska palkeen halkaisija oli alkuperäistä kierrejousta suurempi kokoonpuristettuna. Lisätilan tarve oli vain noin 2 cm, mutta sen saamiseksi oli etupalkkia hieman leikeltävä ja hitsattava. Sisäänpäin tarvittavat 3 cm lisätilan tein leikkaamalla palkista muotoon prässättyä jousen aukkokohtaa pois ja hitsasin sen takaisen poistaen välistä noin 3 cm verran peltiä. Pitkittäissuunnassa tilansaamiseksi leikkasin palkkiin viillot, taivutin peltejä ulospäin ja lopuksi hitsasin leikkaukset umpeen. Asensin palkeen noin 2 cm edemmäs kuin alkuperäinen jousi, joten palkkiin tarvittavan lisätilan pituussuunnassa sai tehtyä pelkästään sen etupuolelle. Tässä vaiheessa etupalkin irroittaminen korista, hiekkapuhallus ja sen maalaus olisi ollut viisasta, jotta ruosteet olisi saanut pois ja palkin suojattua kunnolla. Auton seisottaminen pidempi seisottaminen ei nyt ollut mahdollista, joten teen tämän joskus tulevaisuudessa, kuten myös taka-akselille viimeistellyn ulkoasun saamiseksi. Lopulta asensin palkeet paikoilleen (kuva 22) ja pääsiin testaamaan niiden toimivuutta, joka osoittautui kelvolliseksi.



KUVA 22. Etupalje lopullisesti asennettuna

12.11 Ilmaputket jousipalkeille

Projektin ilmaputket toteutin 10 mm polyuretaaniputkella, jonka sisähalkaisija on 6,5 mm. Hankin 20 metrin kelan putkea hintaan 35 e, joka riitti helposti ja ylikin jäin noin 5 metriä. Putkien asennus takapalkeille oli helppoa, mutta etupalkeille asennusreititin valinta oli hankalampaa. Asensin etupalkeiden putket pienen harkinnan jälkeen alustan puolelle kulkemaan osittain jarruputkien kanssa samaa reittiä. Kiinnitin putket kumipäälysteisillä kiinnikkeillä koriin ja osittain nippusiteillä jarru/bensaputkiin. Asennuksessa kiinnitin lisäksi huomiota päällystämällä putket kumiletkulla niiltä osin, missä pienikin tärinästä johtuva hankaus koria vasten oli mahdollista.

Mittareille tarvittavat 6 mm ilmaputket asensin kulkemaan auron sisällä, josta opin, ettei putkien asennus sisätiloihin ole se helpoin ratkaisu. Sisätiloihin asennettaessa putkien vaatima tila oli rajoitettua ja putkien tielle tuli monta korin terävää saumakohtaa, joita piti pehmustaa erilaisin keinoin.

13 POHDINTA

Päättötyötä tehdessä oppi ilmajousituksen jälkiasennus mahdollisuuksia suhteellisen hyvin. Keskityin lähinnä tutkimaan mitä vaihtoehtoja sen toteuttamiseen ottamalla huomioon niiden laillisuuden tieliikennekäytössä. Yksi ongelma oli löytää luotettavia lähteitä tiedon hakuun. Huomasin työtä tehdessä, ettei kirjallisuutta juuri tähän aiheeseen liittyen oikein ole. Kirjallisuutta ilmanpaineen käytöstä on paljon, joista sai sovellettua tietoa putkistoista, liittimistä ja venttiileistä. Tärkein tietolähde oli valmistajien verkkosivut, sekä autoharrastajien verkkofoorumit. Näissä oli vaarana tosin löytää väärääkin tietoa ja valmistajien mainospuheita.

Ilmajousituksen asennus omaan kohdeautoon onnistui melko hyvin ja se toimii ajossa kuin pitääkin. Muutamia osia täytyy parantaa, mitä kappaleessa 12 mainitsin, eli mittarin valaistus, kallistuksenvakain jne. Manuaalinen korkeuden säätö on huomiota vaativa kohde sen vaatiman säädön takia ajoon lähdettäessä. Tätä ”ainaisen säädön” tarvetta voisi vähentää jos kaikki liitokset olisivat 100% tiiviitä, eli kierre tai tukevammat pikaliittimet olisivat näin jälkikäteen olleet parempi valinta projektiini. Omassa käytössä tämä manuaalisäätö ei haittaa. Ajokorkeuden säätöön menee noin 5 sekuntia, kun opin oikean tekniikan. Säiliössä paine kestää normaalikäytössä yli viikon ilman kompressorin tarvetta, mutta pienitilavuuksiset palkeet tyhjenevät muutamassa tunnissa ilmavuotojen takia. Ajettavuus ilmajousien kanssa ei muuttunut juuri mitenkään normaaliajossa, kun vain palkeisiin säätää sopivan ilmamäärän. Hitaassa ajossa, esimerkiksi kuoppaisella parkkipaikalla jousitus on hieman pintakova. Alkuperäisillä jousitukseen verrattuna juurikin tämä pintakovuus huononsi käyttömukavuutta hieman.

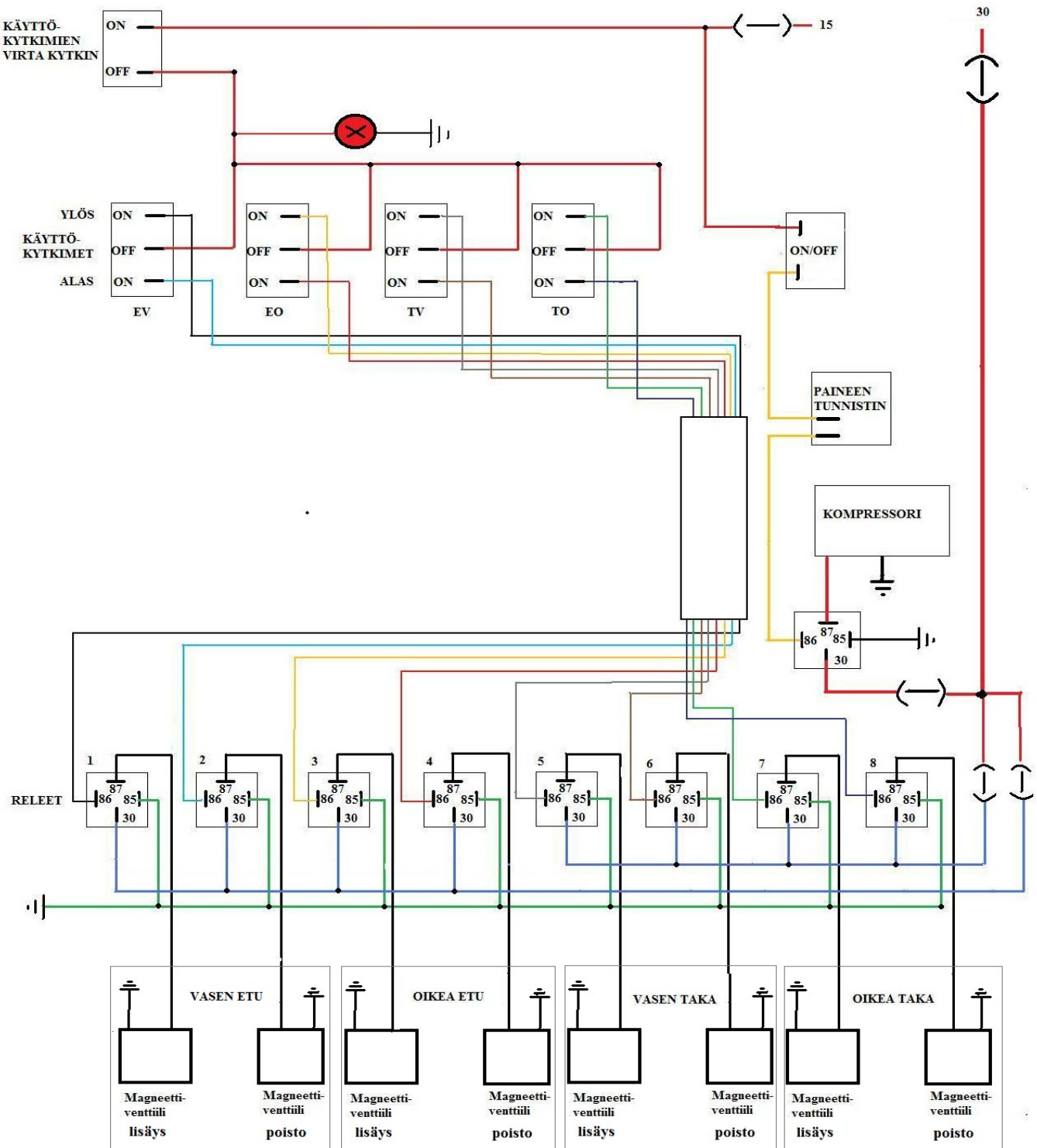
Kustannukset ylittyivät hieman suunnitellusta, mikä on normaalia. Työmäärää asennus vaati paljon tällaiseen autoon, johon ei ole valmiita asennussarjoja tarjolla. Jos tekisin toisenkin Amazonin ilmajousilla, asennus aika ainakin puolittuisi tästä. Ammattilaisen tekemänä tällainen muutos voisi olla järkevää toteuttaa, jos ei haluaisi itse harrastaa, nähdä vaivaa ja säästää samalla rahaa. Toisaalta, vaikka valmiita rakennussarjoja olisikin ollut saatavilla, en olisi niitä halunnut käyttää juurikin oppimisen kannalta.

Muutoksatsastin auton ilman mitään ongelmia. Katsastus oli odotettua helpompi ja nopea toimenpide. Omatekoiset kiinnikkeet katsottiin läpi silmämääräisesti. Katsottiin jousituksen liikeradat, ettei mikään hankaa vääriinpaikkaan ja 8 cm minumaavaran täyttyminen. Maavara ajokorkeudessa mitattiin ja kirjoitettiin rekisteriotteeseen. Rekisteriotteeseen tuli merkintä: ajoneuvoon asennettu säädettävä ilmajousitus.

LÄHTEET

1. Bosch, 2002, Autoteknillinen taskukirja 6.painos
2. Keinänen T ,2000, Hydrauliiikka ja pneunatiikka
3. Lowtoys OY. Yrityksen www-sivut. www.lowtoys.com Päivitetty 2.4.2011, luettu 27.4.2011
4. SMC corporation. Yrityksen www-sivut. www.smc.eu/portal/WebContent, Päivitetty 1.5.2011 luettu 6.5.2011
5. Trafi. Asetus ajoneuvojen hyväksynnästä (1244/2002) www-tiedosto
6. Trafi. LM:n päätös auton rakenteen muuttamisesta 779/98 www-tiedosto
7. Viair corporation. Yrityksen www-sivut. Www.viair.com Päivitetty 2.6.2011. luettu 7.6.2011

LIITE 1.
Projektiauton sähkökaavio



LIITE 2.
Projektin kustannukset

Komponentti	määrä	ostopaikka	hinta yhteensä e
painemittarit	5kpl	Biltema	30
painemittareiden putket	20m	Hydrauliikka keskus	15
paine mittareiden liittimet	5+5	Hydrauliikka keskus	17
Sähköjohtoa	erilaisia	"varaosa liikkeet"	20
abiko liittimiä	erilaisia	"varaosa liikkeet"	10
sähköjohtojen suojaus, läpiviennit yms	erityyppisiä	"varaosa liikkeet"	10
sähkökatkaisimet	5kpl	Biltema	17,5
painesäiliö 24L	1kpl	Ilmais-osa	0
painesäiliön maalaus	-----	ammattikoulun maalauslinja	10
paineen tunnistus anturi	1kpl	Lowtoys	17
magneettiventtiilit	8kpl	Lowtoys	360
liittimet magneettiventtiileille	14kpl	Hydrauliikka keskus	25
Eteen 5,5" makkarapalkeet	2kpl	Lowtoys	234
liittimet etuilmapalkeille	4kpl	Hydrauliikka keskus	15
Taakse rullapalkeet	2kpl	Lowtoys	234
taakse pohjaanlyöntikumet	2kpl	AD	14
liittimet takailmapalkeille	4kpl	Hydrauliikka keskus	15
kompressori	1kpl	Lowtoys	245
vedenerotin	1kpl	Fixus	28
liitin vedenerottimelle	1kpl	Hi-flex	6
ilman jakotukki+ liittimet+letku		Hydrauliikka keskus	35
putket ilmapalkeille	20m	Hydrauliikka keskus	35
palkeiden kiinnitys rauta materiaali	erilaisia	Ovet-Kar	30
pultteja/muttereita	erilaisia	"rautakaupat"	20
kierrelukiteliima			15
maalia			10
ilmaputkien kiinnikkeet	15	Fixus	7
posti/lähetyskuluja			22
		YHT	1496,5

LIITE 3.

Projektin aikataulu

PROJEKTIPÄIVÄKIRJA

Viikko 3		sähköjohtojen veto koelaudalta takakonttiin, sähkökytkimien telineen valmistus ja liitosten teko koelaudan puoleisiin johtoihin
Viikko 4		Painemittareiden putkien veto edestä takakonttiin ja mittareille telineen valmistus
Viikko 5		Paineilmasäiliön hiekkapuhallus ja kiinnikkeiden valmistus säiliölle
Viikko 6 ja 7		Lopulliset mittaukset alustassa ja sopivien ilmapalkeiden ja muiden osien tilaus
Viikko 8		ei varsinaista edistystä...suunnittelua.. ja osien saapumista odotellen..
	ma	Tilatut osat Lowtoys liikkeestä saapuivat. Osien tarkistus ja kompressorille kiinnikkeen valmistus. Magneettiventtiileiden asennuskohdan suunnittelu ja ilmanjakoblogin hankinta, sekä liittimiä siihen, lisäksi loput tarvittavat liittimet tilaukseen, joita ei ollut varastossa
	ti	Ilmanjakoblogille kiinnikkeen valmistus, paineanturin sovitus painesäiliöön. Auton takajouset irti ja palkeiden alapäiden kiinnikkeiden suunnittelu, materiaalin hankinta ja levyjen leikkaus
	ke	Vedenerottimen hankinta ja siihen sopivan liittimen tilaus.
		vedenerottimen lopullinen mallaus jotta mahtuu paikoilleen. Takapalkeiden yläpäiden kiinnityksen suunnittelua ja valmistamista, ensimmäinen versio epäonnistui, toinen versio melkein valmiiksi vain yhdelle puolelle
	la	Magneettiventtiileiden liittimien osto ja venttiileiden mallaus ja liitosten tekeminen valmiiksi lopullisesti liiman kanssa.
Viikko 9	ma	Taakse ilmapalkeiden alalevyjen teko hitsausta vaille valmiiksi, samoin ylälautaset.
	ti	kompressorin lopullinen kiinnittäminen
	ke	Takajousilautastan hitsaus valmiiksi asti. Pohjaanlyöntikumien kiinnikkeiden suunnittelu ja pohjaanlyöntikumien hankinta
	to	pohjaanlyöntikumemeille kiinnikkeiden valmistus ja hitsaus koriin valmiiksi asti
	pe	kiinnikkeiden ja pohjaanlyöntikumen väliin korokepalojen valmistus. Maalatun paineilmasäiliön lopullinen asennus, magneettiventtiileiden asennus ja kompressorin liittäminen säiliöön,
Viikko 10		Kompressorille ja magneettiventtileille sähköjen kytkentä, säiliöön paine ensikertaa
	ma	takapalkeiden kiinnitysosien viimeistely, sulakkeet konehuoneeseen, takapalkeille ilmaputket
	ti	takapalkeiden lopullinen asennus, auto ekaa kertaa ilmapalkeiden kanssa ajossa
	ke	etupalkeiden asennustyö alkaa suunnittelulla..
	to	lyhyt päivä.. etuiskunvaimentimen siirtokappaleiden mitoitus ja 4mm levyn hankinta kaikkiin etupään kiinnikkeisiin. Etupalkeiden ilmaputkien reitin suunnittelua tavaratilasta eteen.
	pe	etuiskunvaimentimien siirtokappaleiden valmistus valmiiksi asti ja iskunvaimentimien kiinnitys niihin.
Viikko 11	ma	Etujousituksen purkaminen vasemmalta puolelta ja etupalkeiden kiinnityksen suunnittelu
	ti	kiinnitys osien teko lähes valmiiksi vasemmalle puolelle
	ke	vasemman puolen kiinnityslevyt valmiiksi ja niistä kopioimalla oikeanpuolen levyjen leikkaus hitsausta vaille valmiiksi, Ilmaputkien asentaminen tavaratilasta etupalkeille
		vasemman etupalkeen kiinnikkeiden maalaus. Etupalkin muokkaus vasemmalle puolelle valmiiksi asti ja maalaus. Palkeen asennus lopullisesti ja auto ajoon, niin että oikealla puolella vielä kierrejousi,
	to	oikean puolen etujousituksen purku, pussien asennusosien loppuun teko ja palkin leikkaus
	pe	oikepuoli kokonaan valmiiksi
Viikko 12		Projekti melkein valmis, jousituksen testausta käytännössä
Viikko 13-15		Pieniä viimeistelyjä

Kuvat projektiauton maavaran ääriasennoista